

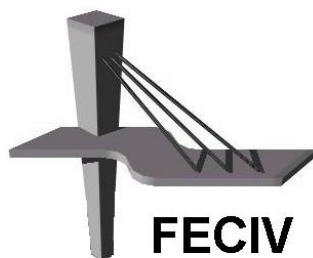
DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Nº 000

**ANÁLISE DOS PADRÕES DE VEÍCULOS NA  
LOGÍSTICA URBANA DE CARGAS**

**FERNANDO DE ARAÚJO**

**UBERLÂNDIA, 15 DE MARÇO DE 2013**



**FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL**  
**Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA**  
**FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**



**Fernando de Araújo**

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Federal de Uberlândia, como parte dos requisitos para a obtenção do título de **Mestre em Engenharia Civil**.

**Orientador: Prof. Dr. Carlos Alberto Faria**

Uberlândia, 15 de Março de 2013



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL



## ATA DA DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO ACADÊMICO DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

**ATA Nº:** 111/2013

**CANDIDATO:** Fernando de Araújo

**ORIENTADOR:** Prof. Dr. Carlos Alberto Faria

**TÍTULO:** "Análise dos Padrões de Veículos na Logística Urbana de Cargas"

**ÁREA DE CONCENTRAÇÃO:** Engenharia Urbana

**LINHA DE PESQUISA:** Planejamento e Operação de Transportes

**DATA DA DEFESA:** 15 de março de 2013

**LOCAL:** Sala de Projeção Prof. Celso Franco de Gouvêa

**HORÁRIO DE INÍCIO E TÉRMINO DA DEFESA:** 08:15 - 10:00

Após avaliação do documento escrito, da exposição oral e das respostas às arguições, os membros da Banca Examinadora decidem que o candidato foi:

☒ APROVADO

☐ REPROVADO

OBS: Fazer correções e implementações conforme sugeridos pelos membros da banca, no prazo máximo de 20 dias

Na forma regulamentar, foi lavrada a presente ata que está assinada pelos membros da Banca:

Car. A. F.

Professor Orientador: **Prof. Dr. Carlos Alberto Faria – FECIV/UFU**

Erivelton Pires Guedes

Membro externo: **Prof. Dr. Erivelton Pires Guedes – IPEA**

José Ap. Sorratini

Membro: **Prof. Dr. José Aparecido Sorratini – FECIV/UFU**

Uberlândia, 15 de março de 2013

*Aos meus pais, pelo carinho e apoio; à minha esposa e  
à minha filha, pela presença constante neste período  
importante de minha vida.*



# AGRADECIMENTOS

---

Agradeço, primeiramente, a Deus, pela oportunidade de alcançar mais este objetivo.

Agradeço a todos os meus amigos e família, pela força e paciência durante todo este período.

Agradeço, em especial, à minha esposa Flávia e à minha filha Nicole, pelo apoio incondicional e paciência durante esse trabalho.

Aos meus colegas da Faculdade de Engenharia Civil, que contribuíram de forma direta e indireta para a realização deste trabalho.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Carlos Alberto Faria, pelas ideias e empenho no desenvolvimento da dissertação.

À Universidade Federal de Uberlândia e à Faculdade de Engenharia Civil, que forneceram o apoio necessário à realização da pesquisa.

À CAPES, pelo apoio financeiro.

ARAÚJO, F. Análise dos Padrões de Veículos na Logística Urbana de Cargas. 113 p. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal de Uberlândia, 2013.

## RESUMO

---

O objetivo deste trabalho é analisar, com base na logística urbana de cargas, a viabilidade operacional do emprego de veículos urbanos de cargas (veículos com capacidade de carga líquida até 2,5 toneladas), com a utilização do *software TransCAD*. O estudo de caso foi realizado em uma empresa do segmento de atacado e distribuição, situada na cidade de Uberlândia/MG. Trata-se de uma empresa tradicional que opera há 60 anos, destacando-se no cenário brasileiro em processos de logística. Devido à alta complexidade em garantir adequados níveis de serviços logísticos nas regiões centrais das cidades de grande e médio porte, as empresas têm buscado constantemente melhores alternativas para viabilizar esse tipo de operação. Na geração de cenários, o *software TransCAD* foi utilizado para obtenção da roteirização ótima na distribuição das cargas. O método escolhido apoiou-se em conceitos de Logística Urbana de Cargas e na importância da distribuição urbana de cargas, principalmente na área central. As análises realizadas permitiram estudar o comportamento de diferentes tipos de veículo de distribuição urbana de cargas, apontando as melhores condições do ponto de vista da viabilidade operacional.

**Palavras-chave:** Logística Urbana – Veículo Urbano de Carga - TransCAD – Logística de Distribuição – Modelagem e Simulação

ARAÚJO, F. Analysis of Vehicle Standards in City Logistics. 113 p. Master`s Thesis, Faculty of Civil Engineering, Federal University of Uberlândia, 2013.

## ABSTRACT

---

The aim of this paper is to analyze, based on city logistics, the operational feasibility of the use of urban freight vehicles (vehicles with a load capacity up to 2.5 tons), using the software TransCAD. The case study was conducted in a wholesale and distribution company in Uberlândia / MG. This is a traditional company that has been operating for 60 years and that stands out in the Brazilian scenario when it comes to distribution logistics processes. Due to high levels of complexity in providing logistics services in the central areas of large and midsize cities, companies have constantly been trying to find alternatives to allow this type of operation. In scenario generation, the TransCAD software was used to obtain the optimal routing in the distribution of loads. The method chosen was based on concepts of city Logistics and on the importance of urban distribution of loads, mainly in the central area of Uberlândia. The analyses will allow us to study the behavior of the vehicle profiles of urban distribution of loads, showing the better conditions from the point of view of the operational performance.

**Keywords:** City Logistics - Urban Load Vehicle - TransCAD – Scenario generation - Modeling and Simulation.

# LISTA DE TABELAS

---

<b>Tabela 1</b> - Características Operacionais das Modalidades de Transportes .....	22
<b>Tabela 2</b> - Pesquisa sobre a importância atribuída aos indicadores de desempenho.....	25
<b>Tabela 3</b> - Indicadores financeiros e não financeiros para a Cadeia de Suprimentos por processo.....	26
<b>Tabela 4</b> - Indicadores de desempenho para a logística e suas fórmulas de apuração.....	28
<b>Tabela 5</b> - Classificação dos caminhões de acordo com sua finalidade.....	48
<b>Tabela 6</b> - Exemplos de sistemas e seus componentes.....	57
<b>Tabela 7</b> – Relação de Frota.....	73
<b>Tabela 8</b> – Localização dos clientes.....	74
<b>Tabela 9</b> – Dimensões dos caminhões utilizados.....	76
<b>Tabela 10</b> – Peso, Distâncias e Tempos de deslocamento do veículo VUC.....	77
<b>Tabela 11</b> – Peso, Distâncias e Tempos de deslocamento do Veículo Leve.....	78
<b>Tabela 12</b> – Peso, Distâncias e Tempos de deslocamento do Veículo Semi-pesado.....	79
<b>Tabela 13</b> – Dados de entrada para o cálculo do custo de transporte.....	80
<b>Tabela 14</b> – Dados de saída – Custos fixos e Administrativos.....	81
<b>Tabela 15</b> – Dados de saída – Custos variáveis por km.....	81
<b>Tabela 16</b> – Peso, Distâncias e Tempos de deslocamento do Veículo Leve no bairro Santa Mônica.....	90



# LISTA DE GRÁFICOS

---

<b>Gráfico 1</b> - Principais desafios das transportadoras na distribuição de cargas.....	4
<b>Gráfico 2</b> - Custos Logísticos em relação ao PIB.....	11
<b>Gráfico 3</b> - Divisão dos custos de operação do veículo.....	14
<b>Gráfico 4</b> - Composição dos custos fixos.....	15
<b>Gráfico 5</b> - Composição dos custos variáveis.....	15
<b>Gráfico 6</b> - Concentração dos clientes analisados.....	75
<b>Gráfico 7</b> – Tempo total de viagem dos veículos.....	88
<b>Gráfico 8</b> – Comparação do tempo total de viagem dos veículos.....	89
<b>Gráfico 9</b> – Análise de custo dos caminhões.....	89

---

# LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> – Composição dos custos logísticos.....	9
<b>Figura 2</b> - Atividades da distribuição física.....	18
<b>Figura 3</b> - Relação entre distância e tempo.....	23
<b>Figura 4</b> - Relação Geral entre Distância e Custo do Transporte.....	31
<b>Figura 5</b> - Relação Geral entre Peso e Custo do Transporte/Quilo.....	32
<b>Figura 6</b> - Relação Geral entre Densidade e Custo do Transporte/Quilo.....	33
<b>Figura 7</b> - Abordagem sistêmica para a Logística Urbana.....	40
<b>Figura 8</b> - Atores-chave na Logística Urbana.....	41
<b>Figura 9</b> - Exemplo de Roteirização otimizada e não otimizada.....	42
<b>Figura 10</b> - Suprimento tradicional – <i>Collection</i> (4 pontos - 4 Veículos).....	44
<b>Figura 11</b> - Suprimento consolidado - <i>Milk Run</i> (4 pontos - 1 Veículo).....	44
<b>Figura 12</b> - Distribuição tradicional – <i>Delivery</i> (4 pontos - 4 Veículos).....	44
<b>Figura 13</b> - Distribuição consolidada - <i>Peddling</i> (4 pontos - 1 Veículo).....	45
<b>Figura 14</b> - Tipos de Veículos.....	49
<b>Figura 15</b> - Tipos de Carroceria e Semi-Reboque.....	50
<b>Figura 16</b> - Exemplo de Veículo Urbano de Carga (VUC).....	51
<b>Figura 17</b> - Mapa da Zona de Máxima Restrição de Circulação de Caminhões (ZMRC).....	52
<b>Figura 18</b> - Metodologia de simulação.....	55
<b>Figura 19</b> - SIG (Sistemas de Informações Geográficas).....	59
<b>Figura 20</b> - Ciclo de tomada de decisão com SIG.....	59
<b>Figura 21</b> - Estrutura do SIG.....	61
<b>Figura 22</b> - Apresentação do TransCAD.....	64
<b>Figura 23</b> - Apresentação da caixa <i>Vehicle Routing</i> do TransCAD.....	67
<b>Figura 24</b> - Caixa para criar e editar a tabela de veículos no TransCAD.....	68
<b>Figura 25</b> – Rota analisada entre o centro de distribuição e clientes.....	75
<b>Figura 26</b> – Croqui do cruzamento da Avenida Floriano Peixoto com Duque de Caxias.....	76
<b>Figura 27</b> – <i>Dataview</i> de Entregas gerado pelo TransCAD.....	83
<b>Figura 28</b> – <i>Dataview</i> do Armazém gerado pelo TransCAD.....	84
<b>Figura 29</b> – Tela da TransCAD com os pontos de entrega e armazém.....	84
<b>Figura 30</b> – Abas de dados da ferramenta <i>Vehicle Rounting</i> .....	85
<b>Figura 31</b> – Tela da rota criada pelo TransCAD.....	86
<b>Figura 32</b> – Tela da rota criada pelo TransCAD no bairro Santa Mônica.....	91

# SIGLAS E SÍMBOLOS

---

## SIGLAS

ANTT – Agência Nacional de Transportes Terrestres

CAD – Central de Armazenagem e Distribuição

CD – Centro de Distribuição

CDA – Centro de Distribuição Avançado

CET/SP – Companhia de Engenharia de Tráfego – SP

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

EUA – Estados Unidos da América

FICCDC - *Federal Interagency Coordinating Committee*

GISDK - *Geographic Information System Development's Kit.*

ILOS – Instituto de Logística e *Supply Chain*

IMAM – Instituto de Movimentação e Armazenagem de Materiais

JIT – Just In Time

M&A – Movimentação e Armazenagem

MIDIC – Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior

PBT – Peso Bruto Total

PIB – Produto Interno Bruto

PRONCOVE – Programa de Controle de Poluição do Ar por Veículos Automotores

PRV - Problema de Roteirização de Veículos

SIG - Sistemas de Informações Geográficas

SP – São Paulo

TIRRA – *Trucking Industry Regulatory Reform Act*

UFU – Universidade Federal de Uberlândia

VUC – Veículo Urbano de Carga

ZMRC – Zona de Máxima Restrição de Circulação

## SÍMBOLOS

kg – Quilograma

km – Quilômetro

m – Metro

m<sup>2</sup> – Metro Quadrado

% – Porcentagem

US\$ – Dólar Norte Americano



# SUMÁRIO

---

<b>1. Introdução.....</b>	<b>01</b>
1.1 Objetivos do Trabalho.....	03
1.2 Justificativas do Trabalho.....	04
1.3 Estrutura do Trabalho.....	05
<b>2. Revisão bibliográfica.....</b>	<b>07</b>
2.1 Logística.....	07
2.1.1 Custos Logísticos.....	09
2.1.2 Nível de Serviço Logístico.....	16
2.1.3 Distribuição Física.....	17
2.1.4 Gestão de Transportes.....	19
2.1.5 Indicadores de Desempenho Logístico.....	24
2.2 A Estrutura do Transporte Rodoviário no Brasil.....	29
2.2.1 O Transporte de Cargas.....	29
2.2.2 Operações de Transporte.....	29
2.2.3 Economia e Formação de Preço no Setor de Transportes.....	30
2.2.4 Fatores Econômicos.....	30
2.2.5 Estratégia de Formação de Preços das Transportadoras.....	35

2.2.6 Tarifas e Classes de Tarifas.....	37
2.3 Logística de Distribuição Urbana.....	37
2.3.1 Logística Urbana.....	37
2.3.2 Roteirização e Programação de Veículos.....	41
2.3.3 Tipos de Veículos para Transporte de Carga Urbana.....	45
2.3.4 Veículos Urbanos de Carga.....	51
<b>3. Simulação Computacional.....</b>	<b>53</b>
3.1 Elementos Básicos da Simulação Computacional.....	56
3.1.1 Eventos.....	58
3.2 Sistemas de Informações Geográficas (SIG).....	58
3.2.1 TransCAD.....	61
3.2.1.1 Roteirização com o TransCAD.....	64
<b>4. Estudo de Caso.....</b>	<b>70</b>
4.1 Descrição Geral da Organização.....	70
4.2 Composição da Frota de Caminhões.....	73
4.3 Coleta de Dados e Parametrização para Simulação da Logística de Distribuição.....	74
4.4 Simulação Utilizando o Software TransCAD.....	82
4.5 Análise e Discussão dos Resultados.....	87
<b>5. Conclusões.....</b>	<b>93</b>
<b>Referências.....</b>	<b>95</b>

# CAPÍTULO 1

## INTRODUÇÃO

O Brasil é um país que tem apresentado um índice de crescimento econômico nos últimos 20 anos. Esse crescimento tem gerado reflexo nas movimentações de produtos, atendendo um perfil de demanda com maiores exigências, associado à frequência na distribuição. O varejista da década de 1990 tinha uma estratégia de compra baseada em volumes, em função do poder de compra, da instabilidade econômica e consolidações de transportes com maiores capacidades de movimentação. A oferta de serviços de transportes, que viabiliza a movimentação de insumos e produtos para a concretização da atividade econômica, tem a influência de variáveis que determinam os atributos de custo e nível de serviço. (CAIXETA-FILHO e MARTINS, 2012).

O comportamento da demanda atual é baseado na frequência, caracterizando alta capacidade de reposição. O cliente atual busca alternativas para reduzir os custos com estoques, alinhando, estrategicamente, com parceiros-chave da cadeia de suprimentos para fortalecer as condições de compras com um bom nível de serviço logístico. As organizações devem implantar estratégias, planos e programas, para estarem capacitadas a fornecer níveis aceitáveis de qualidade e serviços aos seus clientes. (NOGUEIRA, 2012).

Para garantir bom desempenho na logística de distribuição urbana, é necessário fazer uma configuração ótima no perfil da frota. O mercado oferece vários tipos de caminhões, diversificando conforme os modelos, marcas, capacidade, etc.. Para atender a região central das grandes cidades, o perfil ótimo são os caminhões com menor capacidade de carga, em função do tamanho. Essas características operacionais geram grandes eficiências

na descarga, pois proporcionam maior facilidade de estacionamento e maior aproximação do cliente. (ILOS, 2012).

De acordo com Ogden (1992 apud CARRARA, 2007), os veículos urbanos de carga (caminhões), no Brasil, são classificados conforme suas dimensões e com a relação entre o peso ou tonelagem transportada. Em outra situação, são considerados veículos de cargas aqueles com 2 ou mais eixos e cujo Peso Bruto Total (PBT) exceda a 4,5 toneladas.

As montadoras de caminhões tiveram que adaptar o *mix* de produtos, flexibilizando a linha de produção para a configuração e inclusão de um modelo que até então não tinha uma participação significativa de vendas no mercado, que são os Veículos Urbanos de Cargas (VUC). Esse tipo de veículo atende os centros expandidos com alta capacidade de reposição. (MERCEDES BENZ, 2012).

Uma rede logística de distribuição urbana deve ser baseada e estruturada em estratégias de distribuição com a utilização de Centros de Distribuição (CD), *Transit Point*, *Cross-Docking* que são meios para diluir os custos operacionais da logística de distribuição. Essas estratégias de distribuição adotam regras de descentralização de processos de gerenciamento de estoques, armazenagem e distribuição. Aliado a todas essas condições operacionais, é de fundamental importância considerar a divisão da frota baseada no perfil de veículos, considerando capacidades de cargas, comportamento da demanda e distâncias a serem percorridas em rodovias e na região urbana. (WANKE *et al.*, 2009).

Conforme Lima *et al.* (2005 apud CARRARA, 2007), as empresas de transportes de cargas utilizam terminais logísticos caracterizados por centros de distribuição e *transit point* para facilitar as operações de distribuição de mercadorias, distante das fontes de produção. Esse tipo de operação viabiliza toda a cadeia logística, visando garantir agilidade nos processos e qualidade no nível de serviço. Portanto, é importante conhecer a característica regional para compreender a necessidade de implantação desses locais estratégicos a fim de garantir a distribuição mais pulverizada dos produtos. A escolha do local ideal para instalar um centro de distribuição ou um *transit point* é pautada nas condições econômicas da região, potencial de vendas e mão de obra disponível.



De acordo com o ILOS (2012), as grandes cidades têm enfrentado enormes dificuldades em manter a estrutura de transporte na região central em função do crescimento da demanda de veículos. Os centros das grandes cidades contemplam uma pulverização dos setores comerciais de diversos segmentos como: redes de farmácia, lojas em geral, bancos, bares, etc.. Esses setores da economia concentram grande parcela nas demandas de transportes para a entrega de produtos.

Ao observar tais aspectos relacionados à logística de distribuição urbana, existe a necessidade também de avaliar a viabilidade econômica, caracterizando os tipos e perfil de veículos oferecidos no mercado, o que significa garantir o dimensionamento adequado da frota para atender o ponto de equilíbrio com custo competitivo e nível satisfatório de serviço. (NOVAES, 2008).

Portanto, esse trabalho visa apresentar o cenário da logística urbana de cargas, considerando a utilização dos veículos urbanos de cargas (VUC) e de outros veículos utilizados regularmente nesse tipo de operação. O caso estudado será baseado em cenário real obtido por empresas do setor atacadista distribuidor que atuam na cidade de Uberlândia-MG.

## **1.1 OBJETIVOS DO TRABALHO**

Fazer análises, com base na logística urbana de cargas, para verificação da viabilidade operacional do emprego de veículos urbanos de cargas (veículos com capacidade de carga líquida até 2,5 toneladas).

Os objetivos específicos são:

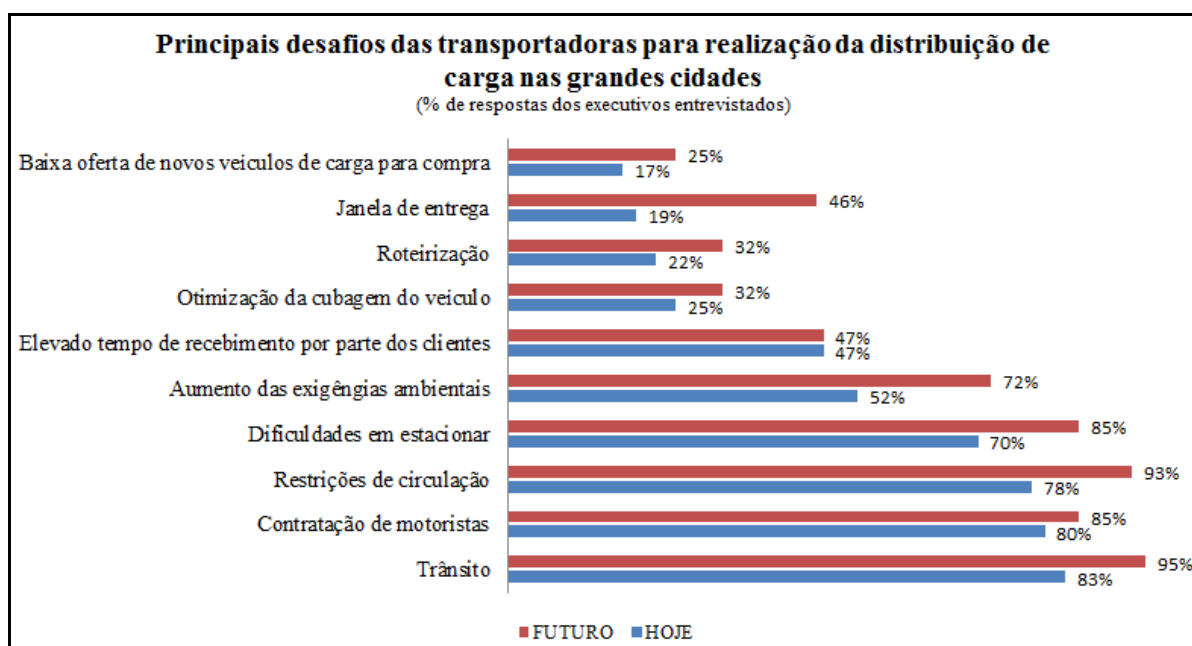
- estudar e configurar o cenário de distribuição urbana, utilizando o software *TransCAD*;
- analisar as alternativas de entregas com padrões de veículos de pequeno porte compatível com a logística urbana de cargas;
- avaliar o desempenho operacional com base em indicadores.

## 1.2 JUSTIFICATIVA DO TRABALHO

O sistema de transporte é um dos principais pontos de análise na cadeia logística, pois sua utilização está relacionada diretamente com o processo de atendimento e entrega ao cliente, tornando-se o principal alvo de trabalho das organizações. (FLEURY *et al.*, 2000).

Segundo Ballou (2001) com um sistema de transportes precariamente desenvolvido, a abrangência do mercado fica limitada às áreas imediatamente ao redor do local de produção. O usuário compra o desempenho do sistema de transporte.

De acordo com ILOS (2012) o crescimento da distribuição urbana no Brasil e a ampliação das políticas de restrição de circulação urbana vêm criando novos desafios para as empresas de transporte deste país. O Gráfico 1 ilustra uma pesquisa realizada por ILOS (2012) com vários executivos de empresas de transportes, visando identificar os principais desafios para a realização da distribuição de carga nas grandes cidades.



**Gráfico 1:** Principais desafios das transportadoras na distribuição de cargas  
**Fonte:** ILOS (2012)

Na pesquisa, cujos resultados estão apresentados no Gráfico 1 foram destacados os principais fatores que influenciam a empregabilidade do veículo urbano de carga com maior intensidade nas regiões centrais das grandes cidades.

Novaes e Alvarenga (1994) destacam que o objetivo principal do transporte é o deslocamento de bens de um ponto (origem) ao outro (destino) da rede logística, respeitando as restrições de integridade da carga e de confiabilidade.

As características ligadas ao tempo de espera, estacionamento, desempenho dos veículos, são fundamentais para determinar a otimização da logística de distribuição. Outro fator importante, de acordo com Ballou (2001), é a roteirização adequada dos veículos, visando aprimorar a utilização da frota e das operações de coleta e entrega das cargas.

Para Caixeta-Filho e Martins (2012), a circulação de veículos de grande capacidade de transporte de carga contribui diretamente com o aumento de congestionamentos, emissão de poluentes e desenvolve menor velocidade operacional, gerando desgaste no sistema viário. Portanto, torna-se necessário desenvolver pesquisas com o objetivo de identificar os principais gargalos operacionais que comprometem o nível de serviço desejado pelo cliente no momento da entrega do produto.

### **1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO**

Este trabalho é constituído de cinco capítulos, organizados da seguinte maneira: o primeiro capítulo apresenta uma abordagem sobre as mudanças no perfil da demanda em relação às operações da logística de distribuição de cargas. Em seguida, são apresentados os objetivos e a justificativa do trabalho. O segundo capítulo descreve a logística e suas principais atribuições no contexto de custos logísticos, nível de serviços logísticos, distribuição física, gestão de transportes e os indicadores de desempenho logístico, também apresenta a estrutura do transporte rodoviário no Brasil, destacando o transporte de cargas, as operações de transportes, economia e formação de preço no setor de transportes, fatores econômicos, estrutura de custo, estratégia de formação de preços das transportadoras e as tarifas e classes de tarifas. Descreve também a logística de distribuição urbana, caracterizando a logística urbana, a roteirização e programação de veículos, os tipos de veículos para transporte de carga urbana e os veículos urbanos de carga (VUC). O terceiro capítulo apresenta a metodologia, os elementos básicos para modelagem e simulação computacional, além de apresentar o *software de modelagem/simulação TransCAD*. O quarto capítulo apresenta o caso estudado, cujos dados foram fornecidos por uma empresa do segmento de atacado e distribuição, situada na cidade de Uberlândia/MG. Neste

capítulo, faz-se a caracterização dessa empresa, o levantamento dos dados por meio de pesquisa em campo, a montagem da estrutura de dados necessária para alimentar a modelagem/simulação desenvolvida no *TransCAD*. Nesse capítulo, também se desenvolve, passo a passo, a modelagem/simulação da logística de distribuição urbana, considerando os veículos normalmente utilizados e o VUC apresenta os resultados obtidos mediante seu relatório de saída. Em seguida, apresenta-se a discussão dos resultados com a análise realizada, utilizando conceitos de logística de distribuição urbana apresentando, assim, as propostas para melhoria e adequação do veículo mais viável para realizar a distribuição urbana na área central. O quinto, último capítulo, apresenta a conclusão do trabalho, mostrando os objetivos alcançados, os resultados apresentados e considerados e as avaliações necessárias.

# CAPÍTULO 2

## REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 LOGÍSTICA

Segundo Ballou (2007), logística é uma atividade ligada a serviços e de extrema competitividade para as organizações. São consideradas as partes de todas as atividades de movimentação e armazenagem necessárias, contribuindo para o fluxo de produtos do ponto de aquisição da matéria-prima, distribuição física até o local de consumo final, como também dos fluxos de informação que colocam os produtos em movimento, obtendo níveis de serviço satisfatórios aos clientes, a um custo competitivo.

Bertaglia (2009) afirma que logística pode ser definida como sendo a junção de quatro atividades básicas: as de aquisição, movimentação, armazenagem e entrega de produtos. O sucesso dessas atividades pode ser percebido na cadeia de suprimentos de forma integrada.

Para *Council of Logistics Management*<sup>1</sup> (2001), logística é a parte do Gerenciamento da Cadeia de Abastecimento que planeja, implementa e controla o fluxo e armazenamento eficiente e econômico de matérias-primas, materiais semi-acabados e produtos acabados, bem como as informações a eles relativas, desde o ponto de origem até o ponto de consumo, com o propósito de atender às exigências dos clientes.

De acordo com Bowersox e Closs (2009), o objetivo da logística é tornar disponíveis produtos e serviços no local onde são necessários, no momento em que são desejados. A logística representa as áreas que envolvem operações complexas de compras,

---

<sup>1</sup> *Council of Logistics Management* - Entidade norte-americana de profissionais de logística. É reconhecido como o maior fórum de logística do mundo.

armazenagem e distribuição de produtos, portanto, devido a sua particularidade de aplicação, seu processo está sempre se renovando, sendo que a implantação das melhores práticas logísticas tornou-se uma das áreas mais desafiadoras e interessantes da administração nos setores privado e público.

A logística trata de todas as atividades de movimentação e armazenagem, as quais facilitam o fluxo de produtos desde o ponto de aquisição da matéria prima até o ponto de consumo final, assim como dos fluxos de informações que colocam os produtos em movimento, com o propósito de providenciar níveis de serviço adequados aos clientes a um custo razoável. (BALLOU, 1993).

Ballou (2006) define logística como sendo o conjunto de planejamento, operação e controle do fluxo de materiais, mercadorias, serviços e informações da empresa, integrando e racionalizando as funções sistêmicas desde a produção até a entrega, assegurando vantagens competitivas na cadeia de abastecimento e a consequente satisfação dos clientes. A concepção logística agrupa as atividades relativas ao fluxo de produtos e serviços para administração coletiva. Essas atividades englobam atividades de comunicação, transporte e estoques. A empresa precisa, portanto, focalizar o controle e a coordenação coletivos das atividades logísticas para alcançar ganhos potenciais.

Segundo Novaes (2001), a Logística moderna procura coligar todos os elementos do processo, tais como prazos, integração de setores da empresa e formação de parcerias com fornecedores e clientes para satisfazer as necessidades e preferências da demanda final.

Em função do mercado competitivo, as empresas têm buscado alternativas constantemente para redução de custos na infraestrutura de logística, seja em aquisição, manufatura ou distribuição física. Algumas medidas são tomadas como maior controle e identificação de oportunidades para minimização dos custos, menores prazos de entrega, disponibilidade constante dos produtos nos clientes, roteirização eficientes de entregas, facilidade no tratamento dos pedidos e melhoria continua dos negócios. Portanto, é fundamental ter uma visão abrangente de todos os processos logísticos que atuam na cadeia de suprimentos para identificar gargalos e oportunidades que sejam tratados no contexto de planejamento.

### 2.1.1 Custos Logísticos

De acordo com ILOS (2012), os custos logísticos correspondem a 10,6% do PIB brasileiro. No âmbito das empresas, sabe-se que os gastos com logística representam 8,5% da receita líquida, considerando custos com transporte, estoque e armazenagem (ILOS, 2012).

Os custos são percebidos nos processos de logística de suprimentos, logística de produção e logística de distribuição. Os gestores de logística têm enfrentado grandes desafios para reduzir os custos logísticos, garantindo custo mínimo de distribuição e simultaneamente agregando um nível de serviço nos padrões de competitividade.

Segundo Lima (2002), o nível de exigências dos serviços tem aumentado, mas estes clientes não estão dispostos a pagar mais por isso. O preço está caminhando para ser um qualificador e o nível de serviço, um diferencial, perante o mercado. Portanto, a logística ganha a responsabilidade de agregar valor ao produto em função do perfil de serviço oferecido para o mercado.

De acordo com Ballou (1993), os custos afetam o nível de serviço, uma vez que custos logísticos tendem a aumentar com taxas crescentes à medida que nível de serviço é empurrado para níveis mais altos. Portanto, é proporcional a relação do custo com a melhoria do nível de serviço que será ofertado para o cliente. O Instituto ILOS (2012) destaca, na Figura 1, os principais itens que compõem a estrutura e análise dos custos logísticos no Brasil:

<b>Transporte (modalidades)</b>	<b>Estoques</b>
- Rodoviário - Ferroviário - Aquaviário - Dutoviário - Aeroviário	- Custo Financeiro - Seguro, Obsolescência, Depreciação, Perdas e Danos.
<b>Armazenagem</b>	<b>Administrativo</b>
- Manuseio de carga nos armazéns - Acondicionamento	- Custos com a estrutura administrativa da logística

**Figura 1:** Composição dos custos logísticos

**Fonte:** ILOS (2012)

A centralização de operações produtivas é uma tendência para garantir melhores resultados de redução de custo, pois aumenta o poder de compra, reduz o elo de contato entre origem e destino, concentrando a produção e armazenagem de produtos. As indústrias automobilísticas aplicam o modelo *Just-in-Time* (JIT)<sup>2</sup>, visando manter o custo logístico de estoque mínimo, em função de os produtos apresentarem alto valor agregado. As economias de escala representam ganhos, em termos de custos de produção, que as organizações obtêm com o aumento da sua dimensão e da quantidade produzida. Estes ganhos ocorrem devido à existência de custos fixos na produção. Aumentando o nível de produção, esses custos fixos diluem-se por um número maior de unidades produzidas, fazendo, assim, baixar o custo médio de produção. (MARTINS, 2006). Plantas descentralizadas necessitam de políticas mais elaboradas para garantir vantagens competitivas em relação ao mercado e à estrutura dos custos. (BALLOU, 2006).

Conseguir gerenciar a relação entre custo e nível de serviço tem-se tornado um dos maiores desafios no contexto da logística. Os clientes estão exigindo melhores níveis de serviços, mas, simultaneamente, não estão dispostos a pagar mais pelo serviço. Perante o mercado, o custo do frete tem se tornado um indicador não competitivo, pois o mercado oferece as mesmas similaridades de produto, já o nível de serviço apresenta diferencial diante da concorrência. Portanto, cabe à logística assumir o papel de agregar valor ao produto por meio do serviço oferecido. A seguir são apresentadas algumas das principais exigências por serviço:

- Redução do tempo de entrega;
- Maior disponibilidade de produtos;
- Entrega com hora agendada;
- Maior cumprimento dos prazos de entrega;
- Maior facilidade de entrada do pedido.

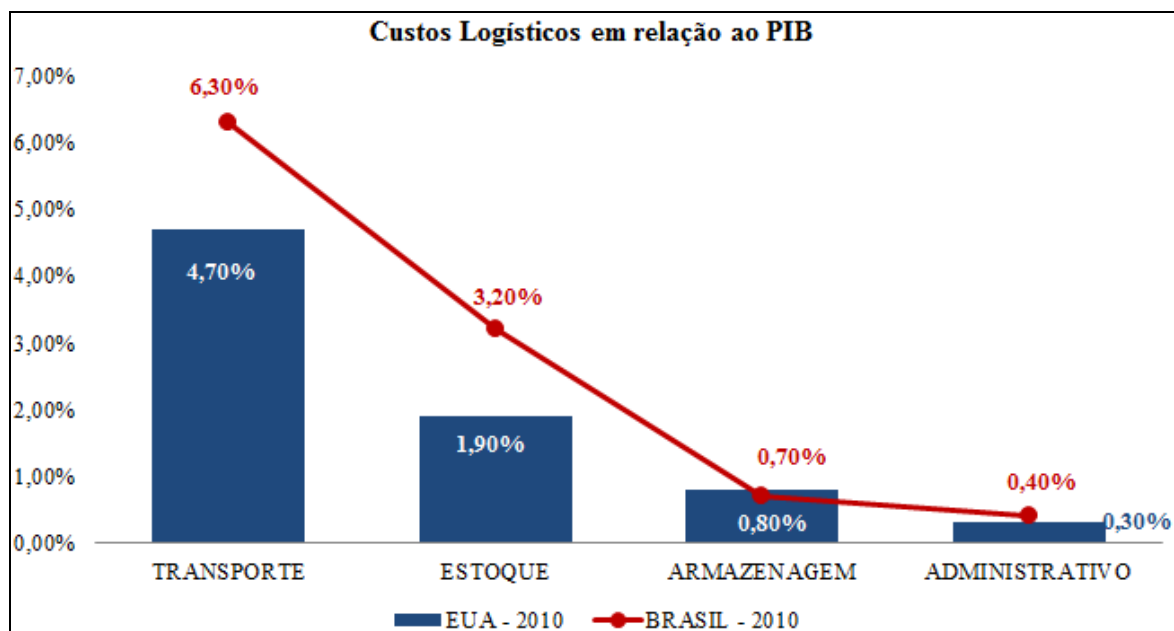
A aplicabilidade de uma ferramenta de custeio pode auxiliar o critério de seleção de fornecedores, na definição de parâmetros do tamanho dos lotes de compra e na determinação da política de estoque. A falta de informações compromete toda a gestão de

---

<sup>2</sup> *Just In Time* - é um sistema de administração da produção que determina que nada deve ser produzido, transportado ou comprado antes da hora exata. Pode ser aplicado em qualquer organização, para reduzir estoques e os custos decorrentes. O just in time é o principal pilar do Sistema Toyota de Produção ou produção enxuta..



custos logísticos de uma cadeia de suprimentos e prejudica o processo decisório e controle das atividades. O Gráfico 2 apresenta o resultado de uma pesquisa realizada pelo Instituto ILOS (2012), comparando os custos logísticos do Brasil e Estados Unidos em relação ao PIB.



**Gráfico 2:** Custos Logísticos em relação ao PIB

**Fonte:** Pesquisa ILOS (2012)

Percebe-se, no Gráfico 2, que o maior *GAP*<sup>3</sup> de custos logísticos é apresentado em transportes e estoques. O Brasil possui uma estrutura logística que gera um grande gargalo em função das ineficiências das operações. E, isso, se torna um fator de grande impacto, onerando os custos do produto e serviços.

A compra de um produto não passa a ser vista apenas como custo de aquisição, assim, é necessário considerar os custos de colocação do pedido, operações de transportes, recebimento físico e gestão de estoque dos produtos. Portanto, é possível identificar fornecedores que consigam ofertar produto a um custo mais competitivo, por oferecerem um sistema com: maior frequência de entregas, alta disponibilidade de produtos, menor índice de devolução e cumprimento dos prazos de entrega.

As transportadoras devem ficar muito atentas nos processos orçamentário para ofertarem a melhor condição de frete ao mercado sem comprometer as condições de custos da

<sup>3</sup> *GAP* - Termo em inglês que significa um distanciamento, afastamento, separação, lacuna ou um vácuo.

operação. Na elaboração do orçamento, é fundamental o conhecimento de cada serviço a ser realizado. É imprescindível que se faça uma boa previsão dos custos de operação dos veículos.

Cabe à área administrativa avaliar continuamente os impactos de suas decisões sobre os custos. O gestor eficaz acompanha de perto o resultado da operação. O conhecimento sobre o resultado da operação facilita o tratamento das informações em subsídios que propiciem decisões certas.

De acordo com Ribeiro (2009), o custo se distingue da despesa, porque enquanto aquele vai para o produto, esta vai para o resultado. Martins (2006, p. 25-26) define custo como sendo o “gasto relativo a bem ou serviço utilizado na produção de outros bens ou serviços”, enquanto a despesa é o “bem ou serviço consumidos direta ou indiretamente para a obtenção de receitas”.

A classificação dos custos operacionais de transportes pode ser definida como custos diretos (custos fixos e variáveis) e indiretos (custos administrativos).

**Custos Diretos:** São aqueles que correspondem aos custos fixos e variáveis.

#### **a) Custos Fixos:**

Segundo Bowersox (2007), as despesas que não se alteram no curto prazo e devem ser pagas mesmo quando a empresa não está operando, como durante um feriado ou uma greve, são denominados custos fixos. A categoria de custos fixos inclui custos que não são diretamente influenciados pelo volume da carga. No caso de empresas de transporte, os componentes de custo fixo incluem veículos, terminais, direitos preferenciais de passagem, sistemas de informação e equipamento de apoio. A seguir são apresentados alguns exemplos de custos fixos:

- Depreciação: corresponde à redução do valor que o veículo vai sofrendo com o decorrer do tempo;
- Remuneração do capital: qualquer investimento que se faça pressupõe um retorno ou remuneração do capital aplicado;

- Salário dos colaboradores: corresponde ao pagamento dos motoristas, ajudantes, etc.;
- Licenciamento do veículo;
- Seguro do veículo.

#### **b) Custos Variáveis**

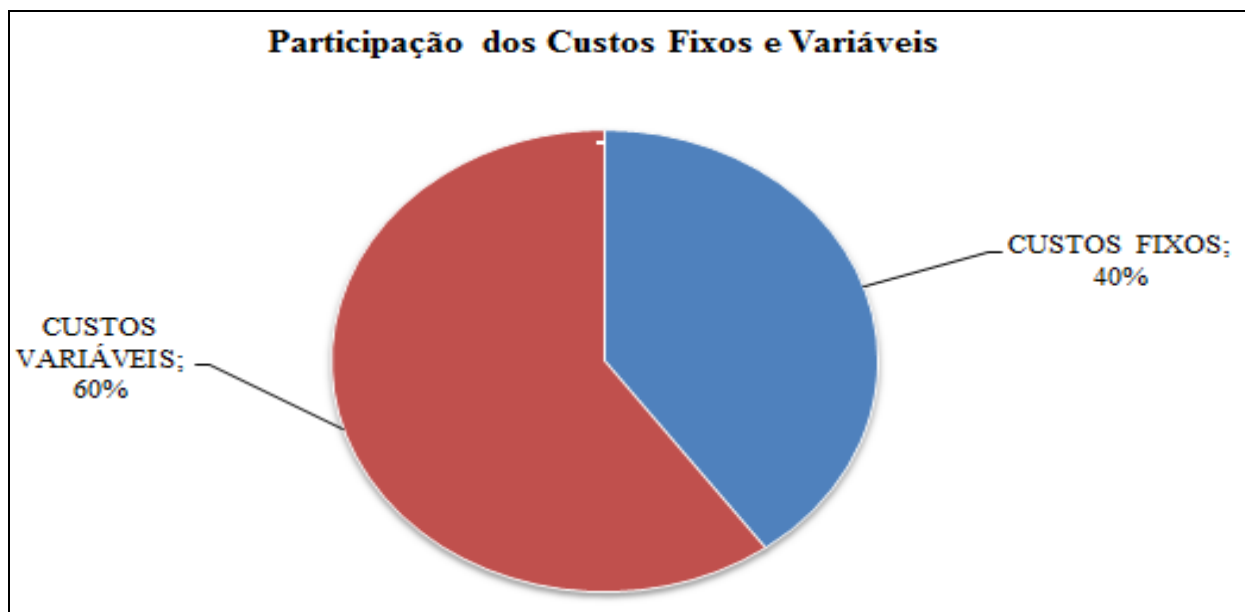
Ainda para Bowersox (2007), os custos que mudam de modo previsível e direto em relação a algum nível de atividade são denominados custos variáveis. Os custos variáveis nos transportes só podem ser evitados se o veículo não for operado. Algumas empresas administram esse custo no contexto de conta variabilizada, baseando-se em quilometragem percorrida, ou seja, se o caminhão não efetuar viagens, não é possível apurar os custos variáveis que compreendem combustível, pneus, lubrificantes entre outros. Executando-se circunstâncias excepcionais, as tarifas de transporte devem, ao menos, cobrir os custos variáveis. A categoria de custos variáveis inclui os custos diretos da transportadora associados à movimentação de cada carga. Essas despesas geralmente são medidas como um custo por quilômetro ou por unidade de peso. Os típicos componentes do custo variável incluem combustível, pneus e manutenção. Não é possível uma transportadora cobrar de seus clientes um frete abaixo de seu custo variável e ter esperança de se manter no mercado por muito tempo. A seguir são apresentados alguns exemplos de custos variáveis:

- Combustível;
- Óleo Lubrificante do motor;
- Óleo Lubrificante da transmissão;
- Lavagem e Lubrificação;
- Material rodante: correspondem a pneus, câmaras, recapagens e protetores;
- Peças, acessórios e material de oficina;
- Mão de obra para manutenção do veículo.

**Custos Indiretos ou Administrativos:** São os custos necessários para manter o sistema de transportes da empresa.

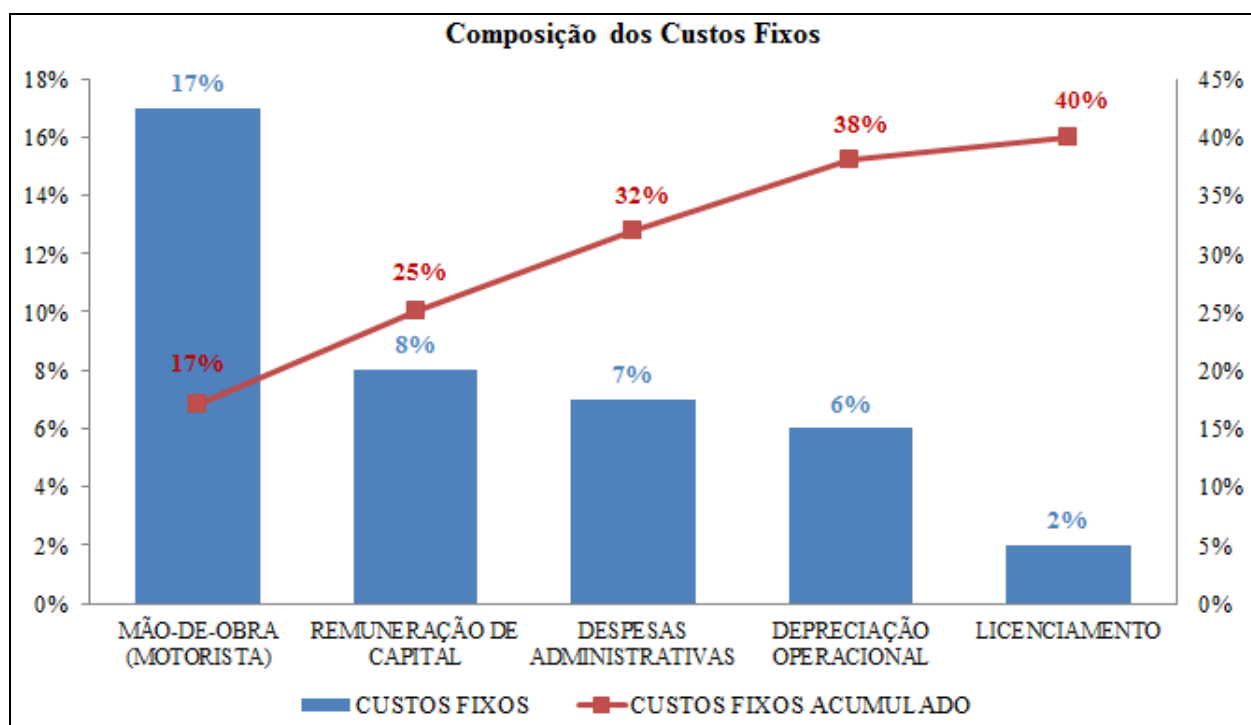
- Pessoal de armazéns, escritórios e respectivos encargos sociais;
- Impressos;
- Publicidade;
- Aluguéis de armazéns e escritórios;
- Comunicações;
- Impostos e taxas legais;
- Construção, conservação e limpeza;
- Viagens e estadias;
- Despesas financeiras;
- Despesas diversas.

O Gráfico 3 apresenta uma visão macro da divisão dos custos fixos e variáveis aplicados na operação de transporte. Segundo a Revista Transporte Moderno (2012), essas análises foram feitas considerando um veículo pesado com idade média de 5 anos e quilometragem média mensal de 10.000 km.



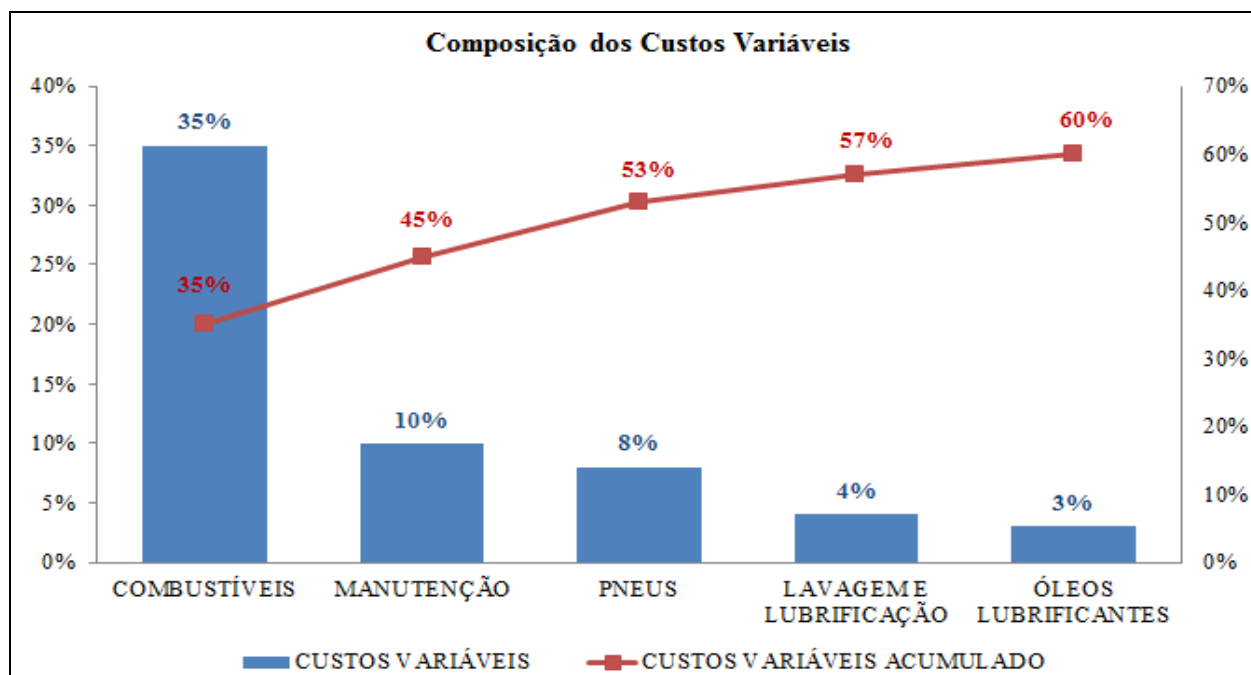
**Gráfico 3:** Divisão dos custos de operação do veículo  
**Fonte:** Revista Transporte Moderno (2012)

O Gráfico 4 destaca os cinco componentes de custos fixos na estrutura da frota. É notório perceber que o principal custo fixo está diretamente ligado à mão de obra. Portanto, torna-se um dos mais importantes indicadores de gestão de frota.



**Gráfico 4:** Composição dos custos fixos  
**Fonte:** Revista Transporte Moderno (2012)

No Gráfico 5, é possível perceber a relevância dos custos variáveis na estrutura da frota. O combustível é o principal custo que necessita maior foco de gestão operacional.



**Gráfico 5:** Composição dos custos variáveis  
**Fonte:** Revista Transporte Moderno (2012)

As empresas de transportes possuem uma preocupação contínua em garantir um custo logístico ótimo na cadeia de suprimento, visando à otimização máxima dos veículos alocados dentro de uma determinada operação de logística de distribuição.

### **2.1.2 Nível de Serviço Logístico**

As operações que envolvem estratégias de logísticas sempre aplicam esforços para eliminar gargalos e ofertar melhores níveis de serviços. No cenário de qualidade, existem diversas visões para interpretar o nível de serviço. Algumas organizações enxergam o nível de serviço a partir do momento que a carga é expedida na empresa, outras aplicam o conceito quando entra o pedido do cliente. Mensurar o nível de serviço não é tão simples, dependem de recursos tecnológicos para facilitar a gestão operacional e, em seguida, análise do comportamento real. Isso é possível com o apoio de tecnologia embarcada nos caminhões, como, por exemplo, o sistema de monitoramento e rastreamento que determina a localização em tempo real do veículo em trânsito. É possível obter informações da efetividade da entrega no cliente por meio de comando de macros instalados no painel do caminhão. A efetividade do nível de serviço ocorre quando a organização começa a atacar os gargalos dos processos envolvidos.

De acordo com Novaes (2001), o nível de serviço proporciona maior confiabilidade para o cliente e garante a continuidade da empresa no mercado. As companhias que atuam na área de logística adotam o indicador de nível de serviço como sendo ferramenta estratégica de evolução junto ao cliente. O grande desafio para as operações logísticas é atender prontamente à necessidade do cliente, garantindo as condições que aprimoram vantagens competitivas, tais como rapidez e flexibilidade de entrega, seja tempo ou produto.

Para Ballou (1993), o nível de serviço pode ser descrito como o desempenho que fornecedores oferecem aos seus clientes no atendimento de pedidos. A disponibilidade de entrega tem sido fator decisivo para abastecer alguns mercados. Em função desse perfil e comportamento do mercado, algumas empresas do segmento de atacado e distribuição, têm investido em operações de Centros de Distribuição, *Transit Point* e *Cross-Docking*.

Segundo Bowersox e Closs (2009), o nível de serviço logístico pode ser alcançado avaliando disponibilidade, desempenho operacional e confiabilidade conforme destacado abaixo:

- Disponibilidade – É a capacidade de ter imediatamente o produto para atender ao cliente assim que for solicitado. De acordo com Lavallo (2003), esta é a dimensão de maior importância do serviço ao cliente. É importante o tratamento adequado do pedido, visando garantir constantemente os acordos realizados nas operações envolvidas.
- Desempenho operacional – É o tempo decorrido desde o processo do recebimento de um pedido até a entrega do respectivo produto. É percebido como sendo a necessidade de agilizar o processo de atendimento ao cliente.
- Confiabilidade – É a forma de avaliar a disponibilidade de estoque e o desempenho operacional das atividades ofertadas para o cliente. Representa o grau de confiança do cliente em relação à compra do produto ou serviço.

Para Lima (2000), o nível de serviço é um grande indicador e, pela sua importância, é necessário que as organizações mantenham-se, continuamente, em processo de mensuração e monitoramento.

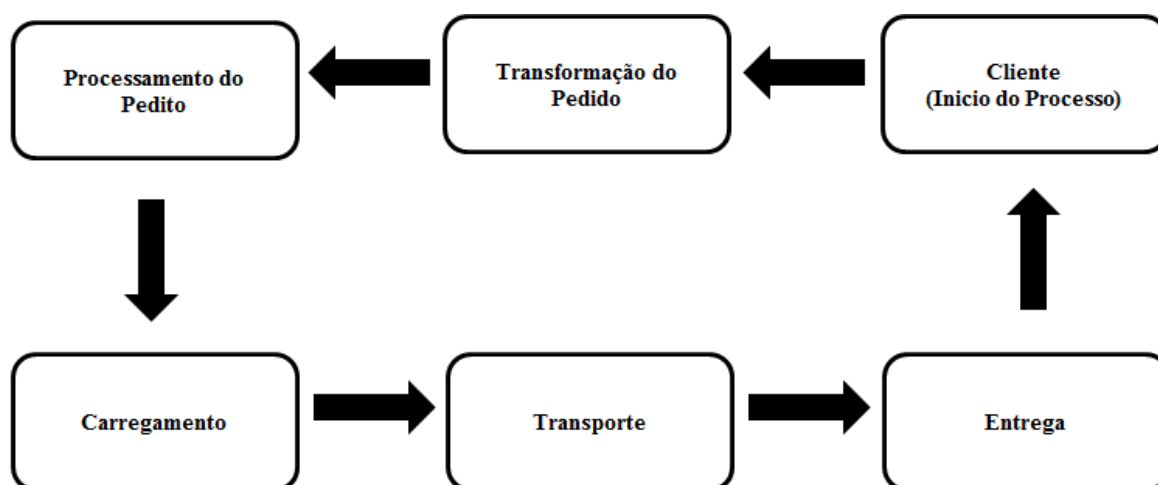
### **2.1.3 Distribuição física**

De acordo com Ballou (2006), as atividades logísticas a serem desenvolvidas variam de acordo com o negócio da empresa. Também defende que a logística pode ser definida como a integração da administração de materiais com a distribuição física.

Ainda para Ballou (2006), a distribuição física é a parte da logística que movimenta mercadorias desde o início da produção até o cliente final.

Segundo Novaes (2001), a distribuição física trata de processos operacionais e também de controle que permitem transferir os produtos desde o ponto de fabricação até o ponto em que a mercadoria é finalizada e entregue ao consumidor.

Para Lacerda (2003), a distribuição física segue um ciclo de atividades para atender as operações de entregas, conforme apresentado na Figura 2:



**Figura 2:** Atividades da distribuição física - Ciclo  
**Fonte:** Adaptado de (LACERDA, 2003)

No contexto que envolve o sistema logístico, a distribuição física tem papel fundamental e apresenta grande influência nas decisões estratégicas das operações. A distribuição de produtos deve ser tratada com grande atenção nas empresas que buscam repassar maior satisfação para o cliente, agregando melhores condições de custos e, como consequência, melhor vantagem competitiva.

Uma rede logística de distribuição bem estruturada determina um diferencial competitivo para a organização e seus clientes. Criar uma rede logística estruturada demanda conhecimento de cenários, processos e comportamento do mercado. Esses fatores apresentam estratégias preliminares para evolução do projeto da rede logística. Algumas ações podem ser criadas para ampliar a abertura de novos Centros de Distribuição, *Transit Point* e *Cross-Docking*.

As organizações estão ampliando, cada vez mais, a oferta de produtos para o cliente, gerando um comércio e negociação de produtos e serviços de todos os gêneros e tipos. De acordo com Bowersox e Closs (2009), a área de distribuição física trata da movimentação de produtos acabados para entrega aos clientes. Na distribuição física, o cliente é o destino final dos canais de “marketing”. A disponibilidade do produto é parte vital do trabalho de *marketing* de cada participante do canal.



A localização estratégica de instalações de centros de distribuição é fator fundamental para garantir eficiência na distribuição física, pois determina as melhores condições de executar o processo operacional. Outro fator considerado estratégico nos processos de distribuição física é a aplicabilidade da tecnologia da informação que visa monitorar todas as condições da carga em trânsito de forma flexível e rápida, repassando para o cliente toda movimentação efetiva no processo de transporte da mercadoria.

Bowersox e Closs (2009) afirmam que é importante as empresas obterem sofisticados instrumentos analíticos associados a teorias sólidas capazes de orientar a seleção de localização de fábricas, proporcionando maiores vantagens competitivas e econômicas.

Os processos que envolvem a distribuição física estão ligados diretamente às condições operacionais de movimentação de produtos, visando agregar valores como diferencial competitivo para o negócio. Nessa visão, é considerável ponderar o fator nível de serviço.

A distribuição física possui foco direcionado para prover a pulverização dos produtos ofertados pela empresa na estrutura conhecida como *Supply Chain*, composta pelos membros fornecedores, fabricantes, atacadistas, varejistas e cliente final. A cadeia de suprimentos torna-se estratégica a partir do momento que os membros priorizem o escoamento dinâmico e rápido dos produtos.

Um dos fatores que contribui para a eficiência da distribuição física está relacionado com o planejamento da roteirização. Nessa etapa, os ajustes são realizados, ponderando cada pedido, formação da carga, tipo de caminhão e escala de viagem. Para determinar as melhores condições de distribuição de produtos, é necessário alocar o recurso correto, visando otimizar a capacidade e atender a programação dos pedidos.

Uma rede logística de distribuição bem definida garante uma melhor desempenho na distribuição física e facilita a Gestão de transportes com custos mais competitivos.

#### **2.1.4 Gestão de Transportes**

O transporte é fator decisivo nas operações de logística. É uma atividade que concretiza a movimentação física do produto do ponto de origem até o destino. Algumas organizações

apontam como sendo um dos principais processos logísticos, tanto pela quantidade e pelo custo dos recursos que consome, como por movimentar fisicamente produtos de um local ao outro.

De acordo com Taboada (2002), o transporte é uma parte da logística que tem grande destaque e é muito visível no processo, pois a entrega das mercadorias efetiva a finalidade dos processos. A visibilidade do transporte na cadeia logística é perceptível em todos os momentos, desde quando a matéria-prima é expedida pelo fornecedor até o processo de manufatura e, em seguida, a distribuição física.

A gestão de transportes é muito importante para o sistema logístico. A complexidade de gerenciamento de transportes se deve pelo grande número de ativos espalhados, garantindo a pulverização de produtos em pontos geograficamente distantes das bases de expedição.

De acordo com MDIC (2008), os transportes são classificados quanto à forma e a modalidade. A seguir, é apresentada a aplicabilidade de cada classificação:

- Quanto à formalidade:

- Terrestre

- Rodoviário
    - Ferroviário
    - Dutoviário

- Aquático

- Marítimo
    - Fluvial

- Aéreo

- Quanto à forma:

- Modal ou unimodal

- Envolve apenas uma modalidade de transporte

- Multimodal
  - Envolve mais do que uma modalidade de transporte
  - Regido por um único contrato
- Intermodal
  - Envolve mais do que uma modalidade de transporte
  - Regido por um contrato em cada modalidade
- Sucessivo
  - Envolve transbordos para veículos da mesma modalidade
  - Regido por um único contrato

Conforme a Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT), que é o órgão regulamentador dos transportes no Brasil, basicamente têm-se cinco modalidades de transporte de cargas e cada uma tem suas particularidades próprias:

1) Rodoviário – Usa o serviço porta a porta sem a necessidade de carga e descarga entre origem e destino obrigatoriamente. Apresenta maior frequência entre as modalidades, além de enorme disponibilidade, boa velocidade e comodidade ao serviço.

2) Ferroviário – Utilizado para distâncias maiores e mais utilizado no transporte de matérias-primas como minério, madeiras, produtos químicos e manufaturados de baixo custo, como alimentos e papel. Ferrovias oferecem diversos serviços, como a carga e descarga parciais entre a origem e o destino.

3) Aquaviário – Possui objetivo de serviços bastante limitados. O tempo para transporte e entrega de produtos chega a ser menor que o ferroviário. Tem a vantagem de ter possibilidade de transportar grandes volumes e o custo não ser muito alto.

4) Aeroviário – O grande diferencial do transporte aéreo é a sua agilidade, incomparável à dos outros mais comuns. Mas seu custo é, proporcionalmente, muito elevado. Segundo Bowersox e Closs (2006), as taxas são mais de duas vezes maiores que as do transporte rodoviário e 16 vezes mais elevadas que a do transporte ferroviário.

5) Dutoviário – Bastante limitado, embora seja uma das modalidades mais econômicas de transporte para grandes volumes, como de óleo, gás natural e derivados, especialmente quando comparados com os mais utilizados como rodoviário e ferroviário.

Segundo Alvarenga e Novaes (2000), para se ter um sistema de transporte organizado, é necessário uma visão sistêmica e planejada, conhecendo-se, pelo menos, o nível de serviço atual e o nível de serviço esperado.

O resultado da qualidade do serviço prestado ao cliente está diretamente ligado à modalidade do transporte de cargas. Cada modalidade de transportes apresenta seus custos e características para tornar decisiva a escolha.

De acordo com Ballou (2001), a escolha da modalidade de transporte pode ser utilizada para se obter uma vantagem competitiva no serviço prestado.

A escolha da modalidade deve ser pautada com base nas características da carga e do acordo feito com o cliente. Existem demandas que a integração de modalidades pode ocorrer no processo de movimentação de produtos, materiais e componentes. De acordo com Nazário *et al.* (2000), em relação aos modos de transportes, há cinco pontos importantes para se classificar o modo ideal: velocidade, disponibilidade, confiabilidade, capacidade e frequência.

A Tabela 1 apresenta a comparação entre as características operacionais das diversas modalidades de transportes, sendo que a pontuação de menor valor indica a melhor classificação.

**Tabela 1:** Características Operacionais das Modalidades de Transportes.

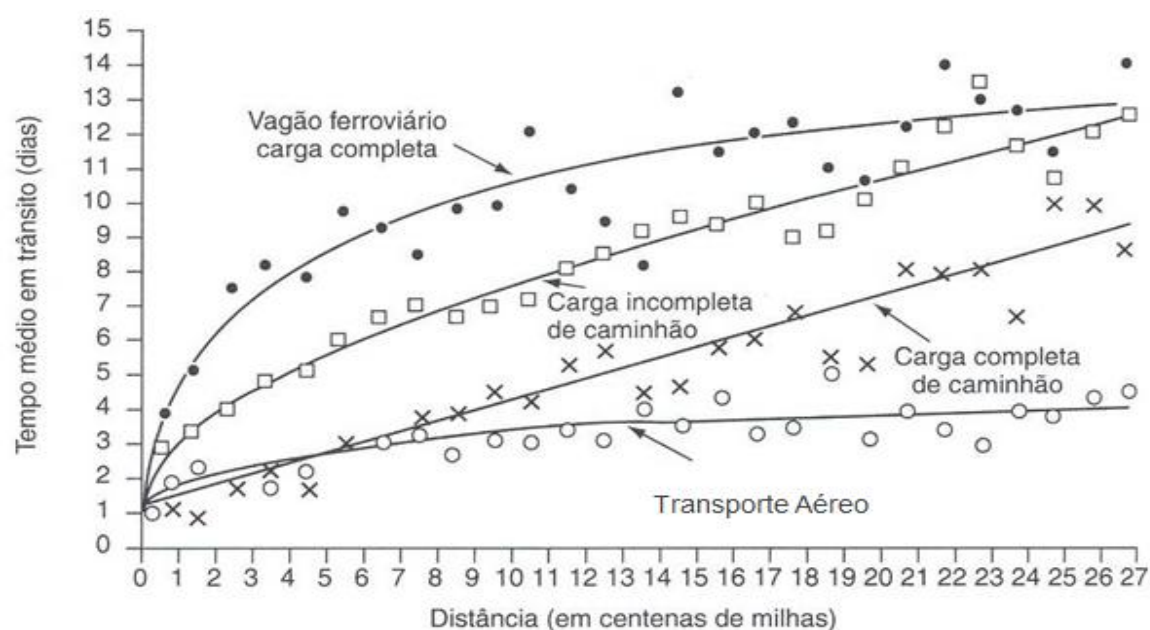
Característica de operação	Modalidade				
	Rodoviário	Ferrovário	Hidroviário	Aeroviário	Dutoviário
Velocidade	2	3	4	1	5
Disponibilidade	1	2	4	3	5
Confiabilidade	2	3	4	5	1
Capacidade	3	2	1	4	5
Frequência	2	4	5	3	1
<b><math>\Sigma</math></b>	<b>10</b>	<b>14</b>	<b>18</b>	<b>16</b>	<b>17</b>

**Fonte:** Nazário *et al* (2000)

A velocidade é o tempo decorrido em dada rota, sendo a modalidade aérea a mais rápida de todos. Disponibilidade é a capacidade que cada modalidade tem de atender as entregas, sendo mais bem representado pelo transporte rodoviário, que permite o serviço porta a porta. Confiabilidade reflete a habilidade de entregar consistentemente no tempo declarado e em uma condição satisfatória. Nesta característica, os dutos ocupam primeiro lugar. Capacidade é a possibilidade de a modalidade de transporte lidar com diferentes requisitos de transporte, como tamanho e tipo de carga. Neste requisito, o transporte hidroviário é o mais indicado. Frequência é caracterizada pela quantidade de movimentações programadas, é liderada pelos dutos, devido ao seu contínuo serviço liderado entre dois pontos.

A preferência pelo transporte rodoviário é, em parte, explicada por sua classificação de destaque em todas as cinco características. No Brasil, ainda existe uma série de barreiras que impedem que todas as alternativas de modalidades, multimodais e intermodais, sejam utilizadas da forma mais racional.

A Figura 3 demonstra a relação entre a distância e o tempo médio de trânsito. A origem dos dados foi baseada nos estudos realizados por Piercy (1977 apud BALLOU, 2006, p. 152), com mais de 16 mil carregamentos militares e industriais. É notório perceber na Figura 3 a vantagem da modalidade aérea sobre as demais, quando for considerado o tempo de entrega:



**Figura 3:** Relação entre distância e tempo entre as modalidades  
**Fonte:** (PIERCY, 1977 apud BALLOU, 2006, p.152).

A relação custo e nível de serviço determina a melhor escolha de modalidade de transportes. A fim de atender uma determinada demanda, a logística conta com diversos tipos de transportes para que produtos cheguem de forma mais ágil e eficaz dependendo da urgência ou emergência, levando em consideração o tipo e especificação dos produtos que devem ser transportados.

No Brasil, a modalidade ferroviária apresenta o transporte de menor velocidade operacional, porém torna-se viável para longas distâncias e movimentação de produtos de baixo valor agregado. Essa modalidade oferece uma redução no custo do frete e tem a possibilidade de transportar maior volume de produtos em uma única vez, como alimentos em grãos de soja, milho, carvão, cimento entre outros produtos pesados que ainda não passaram pelo processo de transformação.

O modo de transporte ferroviário apresenta uma vantagem de executar as viagens sem problemas de congestionamento. No entanto, é um transporte lento de matérias-primas ou manufaturados de baixo valor para longas distâncias. No Brasil, o meio de transporte mais utilizado é o rodoviário. Na sequência, destaca-se o transporte ferroviário. O transporte rodoviário de cargas é responsável pela movimentação de entregas de produtos em diversos pontos de atendimento, correlacionado o perfil de peso e volume de cargas. É o transporte mais adequado para realizar pequenas cargas e entregas de mercadorias nas áreas urbanas.

Portanto, a atividade de transporte apresenta atributos de desempenho passíveis de serem determinados como: disponibilidade de entregas, quilometragem percorrida, operações de transferências entre unidades, tempo de viagem e tempo de espera. Garantir uma operação de transporte eficiente é maximizar os recursos de suas operações, ofertando para a demanda melhores condições de níveis de serviços e custos competitivos.

### **2.1.5 Indicadores de Desempenho Logístico**

Os indicadores de desempenho logístico determinam o cenário estratégico do negócio. A direção de algumas ações surge do comportamento dos indicadores. É importante caracterizar o tipo e natureza do indicador, como, por exemplo, produtividade, qualidade, financeiro, entre outros.

De acordo com Fleury e Lavallo (2000), é praticamente impossível satisfazer os objetivos de custo da organização sem trabalhar de forma conjunta com outros integrantes da cadeia de suprimentos. As empresas estão mais conscientes da tarefa de atender às expectativas de nível de serviço dos clientes e, concomitantemente, oferecer redução de custos.

Os indicadores de desempenho logísticos são instrumentos de suma importância e intermediam no monitoramento das operações logísticas de uma organização. Processos bem geridos apresentam condições de maximizar lucros, reduzir perdas e ainda melhorar a relação entre os clientes e fornecedores.

Segundo Ballou (2006), os indicadores proporcionam encontrar uma mensuração com abrangência suficiente, garantindo uma avaliação efetiva do desempenho logístico.

Para a verificação efetiva da utilização dos indicadores, Lavallo (1995) realizou uma pesquisa com dez empresas de diversos segmentos com 49 indicadores de desempenho (representando seis dimensões de desempenho), sendo que elas foram perguntadas sobre quais daqueles eram utilizados. As empresas revelaram um alto grau de utilização dos indicadores. Segundo esse pesquisador, as empresas utilizam 84,7% dos indicadores analisados e duas utilizavam todos, denotando que existe uma ênfase na melhoria de seu desempenho. Na Tabela 2 são representados os indicadores mais utilizados e a importância que lhes foi atribuída.

**Tabela 2:** Pesquisa sobre a importância atribuída aos indicadores de desempenho

	Conjunto de indicadores						Média
	Benchmarking	Custos logísticos	Serviço ao cliente	Qualidade	Ativos	Produtividade	
% uso	88	85,8	82,2	84	83,3	82,9	84,7
Importância	4,4	4,2	4,2	3,9	3,8	3,6	4

**Fonte:** Lavallo (1995).

Percebe-se, na Tabela 2, que *Benchmarking* está com 88%, ou seja, é o indicador mais utilizado e ao qual está sendo dada a maior importância, seguido pelo monitoramento dos custos logísticos, com 85,8%, e serviço ao cliente, com 82,2%, nas empresas pesquisadas.

A Tabela 3 apresenta a definição dos indicadores de desempenho no processo de planejar, abastecer, produzir/montar e distribuir.

**Tabela 3:** Indicadores financeiros e não financeiros para a Cadeia de Suprimentos por processo

Processo	Indicadores de Desempenho
Planejar	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tempo total de ciclo da cadeia de suprimentos</li> <li>- Tempo de ciclo de desenvolvimento do produto</li> <li>- Tempo total do fluxo de caixa (cash to cash)</li> <li>- Método de entrada de pedidos</li> <li>- Precisão das previsões de vendas</li> <li>- Gama de produtos e serviços (mix)</li> <li>- Custos de tecnologia de informação</li> <li>- Retorno sobre investimentos (ROI)</li> </ul>
Abastecer	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Desempenho das entregas</li> <li>- Lead Time do fornecedor para a empresa</li> <li>- Nível das entregas sem defeitos pelo fornecedor</li> <li>- Tempo do ciclo para pedido de compra</li> <li>- Taxa de rejeição do fornecedor</li> <li>- Iniciativas de economias de custos pelo fornecedor</li> <li>- Habilidade para resolução de problemas de qualidade</li> </ul>
Produzir/Montar	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Utilização da capacidade</li> <li>- Custos de produção</li> <li>- Tempo de ciclo do processo produtivo</li> <li>- Efetividade do programa-mestre de produção</li> <li>- Níveis de estoques (matéria prima, produto em processo, produto acabado)</li> <li>- Nível de perdas/desperdícios no processo produtivo</li> </ul>
Distribuir	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Número de entregas com problemas</li> <li>- Lead time do pedido e da entrega</li> <li>- Efetividade do programa de distribuição planejada</li> <li>- Flexibilidade no atendimento das necessidades do cliente</li> <li>- Nível de satisfação do cliente</li> <li>- Custo total da distribuição</li> </ul>

**Fonte:** Gunasekaran, Patel, Tirtiroglu (2001) e pires (2004, p. 231).



Keebler (1999) destaca uma pesquisa realizada com 500 executivos de logística pela *Computer Sciences Corporation* e pela *University of Tennessee*, na qual foi apontado que os indicadores mais utilizados pelas empresas na logística nos EUA, são:

- Custos de transporte de distribuição (87%);
- Precisão do inventário (86%);
- Atendimento do pedido (81%);
- Giros do inventário de produtos acabados (80%);
- Tempo de ciclo da distribuição (79%);
- Reclamações dos clientes (77%);
- Níveis de perda/avarias (72%);
- Produtos acabados que não serão comercializados (71%);
- Descontos e cancelamentos (69%);
- Atendimento do item na linha de produção (69%);
- Custos de transportes e abastecimentos (69%);
- Obsolescência do inventário (63%);
- Tempo de ciclo perdido (62%);
- Satisfação dos clientes (61%);
- Custos de manutenção do inventário (60%);
- Prazo médio de recebimento das vendas (59%);
- Custo da tercerização da estocagem (59%);
- Precisão do planejamento (54%);
- Custos logísticos por unidade comparados ao orçamento (52%), entre outros.

Percebe-se que os indicadores dos custos logísticos são sempre lembrados tanto pelos pesquisadores quanto pelos profissionais na área de logística. Com a definição dos custos e de sua importância no contexto da logística, demonstra-se, na Tabela 4, como forma de cálculo, os indicadores de desempenho específico para a logística, citados por Bowersox e Closs (2006).

Os indicadores deverão ser usados como forma de avaliar os custos e desempenho do fluxo logístico, cujo objetivo é de integrar os recursos ao longo do trajeto que se estende do fornecedor até o consumidor final.

**Tabela 4:** Indicadores de desempenho para a logística e suas fórmulas de apuração.

Visão	Indicadores de desempenho	Fórmulas
Satisfação dos clientes	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reclamações dos clientes</li> <li>- Desempenho na entrega (prazo)</li> <li>- Avarias</li> <li>- Retornos/Devoluções/Cancelamentos</li> <li>- Tempo de ciclo do pedido</li> <li>- Acuracidade de previsão</li> <li>- Pedido perfeito (acuracidade)</li> <li>- Lançamento de novos produtos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <math>\text{N}^\circ \text{ de reclamações} + \text{n}^\circ \text{ total de pedidos atendidos pelo período} \times 100\%</math></li> <li>- <math>\text{N}^\circ \text{ de pedidos atendidos no prazo} + \text{n}^\circ \text{ total de entregas no período} \times 100\%</math></li> <li>- <math>\text{N}^\circ \text{ de avarias} + \text{n}^\circ \text{ total de pedidos expedidos no período} \times 100\%</math></li> <li>- <math>\text{N}^\circ \text{ de produtos devolvidos/cancelados e/ou retornados} + \text{n}^\circ \text{ total de pedidos expedidos no período} \times 100\%</math></li> <li>- <math>\text{Data de entrega do pedido} - \text{data de solicitação do pedido (dias)}</math></li> <li>- <math>(\text{quantidade expedida} - \text{quantidade prevista}) / \text{quantidade expedida} \times 100\%</math></li> <li>- <math>(\text{pedidos atendidos} - \text{pedidos separados, embalados e expedidos corretamente}) / \text{total de pedidos atendidos} \times 100\%</math></li> <li>- <math>\text{Receita operacional líquida com novos produtos} + \text{receita operacional líquida total} \times 100\%</math></li> </ul>
Foco Interno	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Acuracidade do inventário</li> <li>- Atendimento de pedidos</li> <li>- Falhas nas compras</li> <li>- Obsolescência do inventario</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <math>\text{Quantidade de itens com saldo correto} + \text{quantidade de itens verificados} \times 100\%</math></li> <li>- <math>\text{Quantidade de pedidos atendidos prontamente} + \text{total de pedidos recebidos} \times 100\%</math></li> <li>- <math>\text{Erros de ordem de compra} / \text{ordens de compra auditadas}</math></li> <li>- <math>\text{Quantidade de itens obsoletos} / \text{quantidade total de itens} \times 100\%</math></li> </ul>

**Fonte:** Bowersox, Cross (2001, p.562); Instituto de Movimentação e Armazenagem de Materiais (IMAM) (2001) e Martins; Alt (2000, p. 277-278).

Complementando a questão, uma sugestão relevante de Christopher (1997) é que, além da definição e do desenvolvimento dos indicadores, sejam estabelecidos pesos (ponderações) para cada um deles, tais como:

- Entregas pontual = 20%
- Execução completa do pedido = 35%
- Precisão do pedido = 20%

- Devolução = 15%
- Precisão da fatura = 10%

O sistema de mensuração do desempenho deve ser revisto de forma contínua a fim de verificar se os itens estão sendo úteis e se seus resultados não estão ultrapassando as margens estipulados pela alta gerência e pelos gestores da empresa.

## **2.2 A ESTRUTURA DO TRANSPORTE RODOVIÁRIO NO BRASIL**

### **2.2.1. O Transporte de Cargas**

De acordo com Novaes (2008), o transporte de cargas pelo sistema rodoviário, no Brasil, tem uma estrutura respeitável e é responsável pelo escoamento, que vai desde safras inteiras da agricultura até simples encomendas. Ainda para Novaes (2008), essa estrutura gira em torno de 7,5% do Produto Interno Bruto (PIB), ou seja, chega a aproximadamente US\$ 30 bilhões por ano.

Segundo Novaes (2008), esse sistema é o principal modo de transporte de cargas no país e desempenha um papel vital para a economia e para o bem-estar da nação. Sabe-se que assumir essa responsabilidade implica em busca constante de eficiência e de melhoria nos níveis dos serviços oferecidos, o que passa, necessariamente, pela absorção de novas tecnologias e novos procedimentos. A prática dessa política, com certeza, contribui e continuará ajudando esse sistema a se manter em tal posição.

### **2.2.2. Operações de Transporte**

Para Bowersox (2007), o transporte é o maior elemento do custo logístico. A visão histórica de departamentos de transportes repletos de indivíduos sentados entre estantes repletas de tarifas e tarifários é um cenário bem distante da realidade do ambiente competitivo atual. Os departamentos de transportes utilizam e administram mais de 60% dos gastos logísticos de uma típica empresa. Os gerentes de transportes são responsáveis por fazer com que o estoque esteja posicionado de modo oportuno e econômico.

Uma responsabilidade fundamental é determinar se os serviços de transporte devem ser realizados por meio de transportadora própria ou de contratados. As decisões relacionadas a desempenho interno *versus* terceirização não são totalmente diferentes daquelas enfrentadas em muitas outras áreas da empresa. O que difere, quando se trata de transportes, é o impacto crítico que essas operações têm sobre o desempenho logístico. À medida que as expectativas operacionais se tornam mais precisas, os ciclos de atividades do pedido até a entrega se tornam mais compactos e as margens de erro se reduzem a quase zero, as empresa bem sucedidas percebem que não existe transporte barato. A menos que os transportes sejam administrados de modo eficaz e eficiente, o desempenho de compras, manufatura e atendimento ao cliente ficará abaixo das expectativas.

### **2.2.3. Economia e Formação de Preço no Setor de Transportes**

De acordo com Bowersox (2007), a economia e a formação de preço no setor de transportes preocupam-se com os fatores e as características que orientam o custo. Para desenvolver uma estratégia logística eficaz é necessário entender esses fatores e essas características. Negociação bem sucedida exige compreensão total da economia nos transportes. A visão geral da economia e da formação de preços no setor de transportes consiste em quatro tópicos interrelacionados:

- Fatores econômicos;
- Estrutura de custo;
- Estratégia de formação de preços da transportadora;
- Tarifas e classes de tarifas dos transportes.

### **2.2.4. Fatores Econômicos**

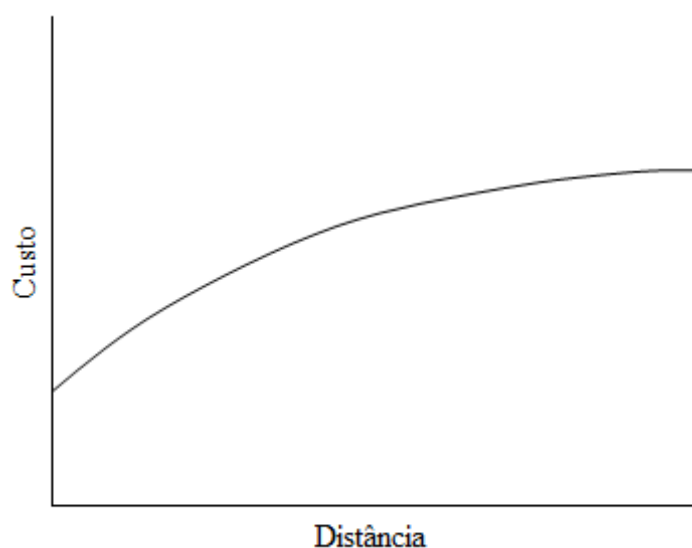
A economia nos transportes é orientada por sete fatores. Embora não sejam componentes diretos nos preços de transportes, cada fator influencia os preços. Bowersox (2007) destaca os seguintes fatores:

- Distância;
- Peso;

- Densidade;
- Capacidade de acondicionamento;
- Manuseio;
- Riscos;
- Mercado.

#### a) Fator distância

A distância exerce uma grande influência sobre o custo dos transportes, porque contribui diretamente para as despesas variáveis, como mão-de-obra, combustível e manutenção. A Figura 4 ilustra a relação geral entre distância e o custo do transporte. Dois pontos importantes são ilustrados. Primeiro, a curva de custo não começa em zero, porque há custos fixos associados à coleta e à entrega da carga, independentemente da distância. Segundo, a curva de custo aumenta em uma taxa cada vez menor, em função da distância. Essa característica é conhecida como princípio da diluição.



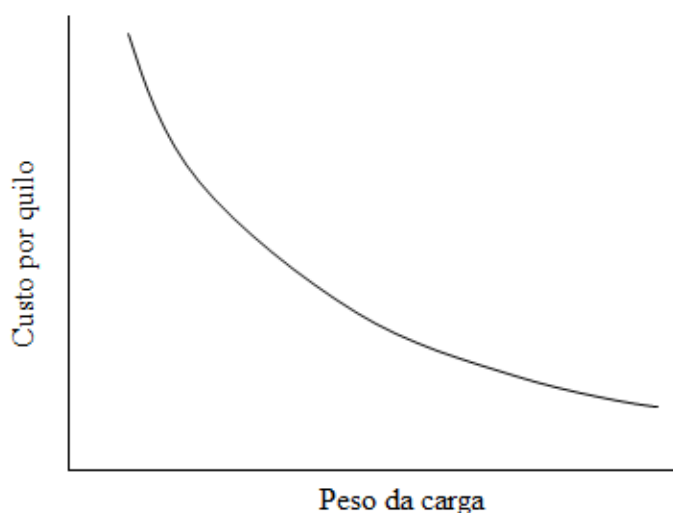
**Figura 4:** Relação Geral entre Distância e Custo do Transporte

**Fonte:** Bowersox (2007).

#### b) Fator peso

O segundo fator é o peso da carga. Assim como ocorre em outras atividades logísticas, existem economias de escala para a maioria das movimentações de transportes. Essa relação, ilustrada na Figura 5, indica que o custo do transporte por unidade de peso diminui

à medida que o tamanho da carga aumenta. Isso ocorre porque os custos fixos de coleta, entrega e administração são distribuídos pelo peso incremental. Essa relação é limitada pelo tamanho do veículo de transporte. Quando o veículo está completo, a relação começa novamente com cada veículo adicional. A implicação gerencial é que pequenas cargas devem ser consolidadas em cargas maiores para melhorar as economias de escala.

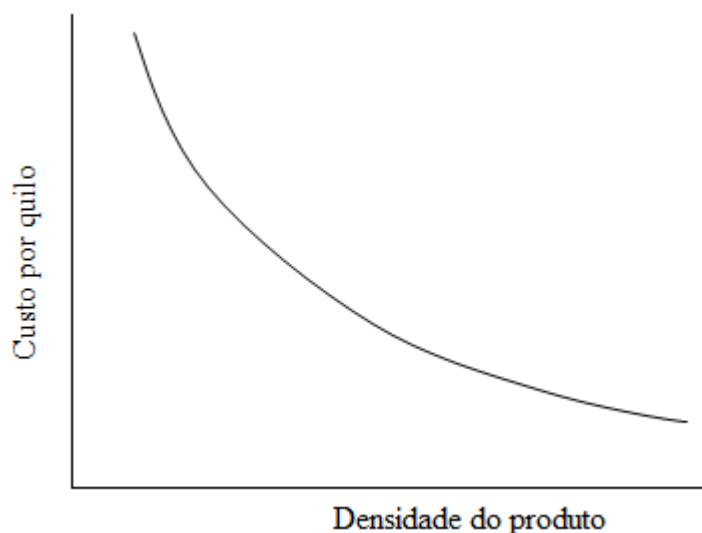


**Figura 5:** Relação Geral entre Peso e Custo do Transporte/Quilo

**Fonte:** Bowersox (2007).

### c) Densidade do produto

O terceiro fator é a densidade do produto. Densidade é a combinação de peso e volume. Peso e volume são importantes, porque o custo de transporte para qualquer movimentação normalmente é cotado por unidade de peso. Geralmente, o frete de transporte é cotado por tonelada. Em termos de peso e volume, os veículos normalmente são mais limitados pela capacidade volumétrica do que pelo peso. Uma vez que as despesas reais com veículos, mão de obra e combustível não são significativamente influenciadas pelo peso, produtos com maior densidade permitem que o custo fixo do transporte seja dividido por uma quantidade maior de peso. Como resultado, produtos com maior densidade normalmente apresentam custo de transporte mais baixo por unidade de peso. A Figura 6 ilustra que o custo do transporte por unidade de peso diminui à medida que a densidade do produto aumenta.



**Figura 6:** Relação Geral entre Densidade e Custo do Transporte/Quilo  
**Fonte:** Bowersox (2007).

#### **d) Capacidade de Acondicionamento**

A capacidade de acondicionamento refere-se a como as dimensões do produto se encaixam no equipamento de transporte. Tamanhos e formatos estranhos de embalagens, bem como tamanho ou comprimento excessivo, podem não se encaixar bem nos equipamentos de transportes, resultando em utilização menor que a capacidade volumétrica.

Embora a densidade e a capacidade de acondicionamento sejam semelhantes é possível ter itens com densidades semelhantes, mas com capacidade de acondicionamento muito diferente. Itens com formato retangular são muito mais fáceis de acondicionar do que itens com formatos “estranhos”. Por exemplo, embora blocos e barras de aço possam ter a mesma densidade física, as barras são mais difíceis de acondicionar do que os blocos por causa do comprimento e formato.

A capacidade de acondicionamento também é influenciada por outros aspectos do tamanho, visto que grandes quantidades de itens podem ser “aninhadas” em carregamentos em que seja difícil acondicioná-los em pequenas quantidades. Por exemplo, é possível conseguir um aninhamento significativo para um caminhão repleto de latas de lixo, embora uma única lata seja difícil de acondicionar.

**e) Manuseio**

Pode ser necessária a utilização de equipamentos especiais de manuseio para carregar e descarregar caminhões, vagões ou navios. Além dos equipamentos especiais de manuseio, o modo como os produtos são fisicamente agrupados em caixas ou paletas para transporte e armazenamento terá impacto sobre o custo de manuseio.

**f) Risco**

Os riscos incluem as características de produtos que podem resultar em danos. As transportadoras podem ter apólices de seguro para se protegerem contra danos potenciais ou aceitar a responsabilidade financeira. Os clientes podem reduzir o risco e, em última instância, o custo de transporte, ao melhorarem as embalagens ou reduzirem a suscetibilidade a perdas ou danos.

**g) Mercado**

Os fatores relacionados ao mercado, como volume e equilíbrio das rotas, influenciam o custo do transporte. Uma rota de transporte refere-se às movimentações entre pontos de origem e destino. Visto que os veículos e os motoristas normalmente retornam à origem, eles devem buscar uma carga de retorno ou o veículo voltará completamente vazio. Quando ocorrem movimentações de retorno com veículo vazio, os custos de mão de obra, combustível e manutenção devem ser atribuídos à movimentação de ida original no trecho inicial. Portanto, a situação ideal é conseguir uma movimentação de carga na ida e na volta, ou seja, equilibrada. No entanto, isso raramente acontece, devido a desequilíbrios na demanda entre os locais de produção e consumo. Por exemplo, muitos produtos são fabricados e processados na parte leste dos Estados Unidos e depois enviados para mercados consumidores na parte oeste do país. Isso resulta em um desequilíbrio na movimentação de volume entre essas duas regiões geográficas. Esse desequilíbrio faz com que as tarifas sejam mais baixas para movimentações em direção ao leste. O equilíbrio entre as movimentações também é influenciado pela sazonalidade, como a movimentação de frutas e vegetais, que deve coincidir com as estações de colheita. O local da demanda e a sazonalidade resultam em fretes de transporte que mudam de acordo com o sentido do



deslocamento e das estações do ano. O projeto do sistema logístico deve considerar esses fatores para obter economias nas viagens de retorno sempre que possível.

### **2.2.5. Estratégia de Formação de Preços das Transportadoras**

De acordo com Bowersox (2007), ao estabelecer preços de fretes, as transportadoras normalmente seguem uma estratégia baseada no custo do serviço a ser ofertado para o cliente e no produto a ser transportado. Embora seja possível utilizar apenas uma estratégia, o método da combinação considera as compensações entre o custo do serviço em que a transportadora incorre e o valor do serviço para o cliente.

#### **a) Custo do Serviço**

A estratégia de custo do serviço é um método de acréscimo em que a transportadora estabelece a tarifa com base no custo de prestar o serviço acrescido de uma margem de lucro. Por exemplo, se o custo de prestar um serviço de transporte é \$200 e a margem de lucro é 10%, a transportadora deve cobrar \$220 do cliente. O método do custo do serviço, que representa a base ou o mínimo para as tarifas de transporte, é mais comumente usado como método de formação de preços para produtos de baixo valor ou em situações altamente competitivas.

#### **b) Valor do Serviço**

Uma estratégia alternativa, que cobra um preço com base no valor percebido pelo cliente em vez de cobrá-lo no custo real de prestação do serviço pela transportadora, é denominada valor do serviço. Por exemplo, um cliente percebe que transportar uma tonelada de equipamentos eletrônicos é mais crítico ou valioso que uma tonelada de carvão, pois os produtos eletrônicos têm valor substancialmente mais alto que o carvão. Assim, um cliente provavelmente estará disposto a pagar mais por esse transporte. As transportadoras tendem a utilizar, na formação de preços, o valor do serviço no caso de produtos de alto valor unitário ou quando há concorrência limitada no transporte.

A estratégia de valor do serviço é ilustrada no mercado de frete especializado durante a noite. Quando a FedEx lançou a entrega durante a noite, havia poucos concorrentes com

capacidade de prestar um serviço comparável; portanto, o serviço era percebido pelos clientes como uma alternativa de grande valor. Eles estavam dispostos a pagar um preço maior pela entrega durante a noite de uma única encomenda. Depois que concorrentes como UPS, DHL e *United States Postal Service* entraram no mercado, as tarifas desse tipo de entrega diminuíram para níveis que refletem o valor e o custo desse serviço.

### **c) Combinação**

Uma estratégia de formação de preços por combinação estabelece a tarifa de transporte em um nível intermediário entre o mínimo do custo do serviço e o máximo do valor do serviço. Na prática, a maioria das empresas de transporte usa a formação de preços intermediária, determinada por meios administrativos. Os gerentes de logística precisam entender a faixa de preços e as estratégias alternativas de modo a terem condições de negociar adequadamente com cada cliente conforme seja a sua necessidade específica.

### **d) Tarifa Líquida**

Tirando vantagem da liberdade regulatória gerada pela *Trucking Industry Regulatory Reform Act* (TIRRA) [lei da reforma regulatória do setor rodoviário dos EUA], de 1994, e da aplicabilidade reduzida da doutrina de tarifas registradas, diversas transportadoras comuns estão experimentando uma formação de preços simplificada, denominada formação de preço líquido. Visto que a TIRRA eliminou as exigências de registros de tarifas para transportadoras rodoviárias que estabeleciam as tarifas individualmente com os clientes, as transportadoras agora são, de fato, capazes de simplificar a formação de preços para se adequar às circunstâncias e às necessidades de cada cliente. Especificamente, as transportadoras podem substituir as tabelas de desconto e as tarifas especiais por uma tabela de preço simplificada. O método da formação de preço líquido elimina as estruturas complexas e administrativamente cansativas de descontos sobre preços, que se tornaram prática comum depois da desregulamentação inicial.

### **2.2.6. Tarifas e Classes de Tarifas**

A discussão anterior apresentou as estratégias básicas usadas pelas transportadoras para estabelecer preços. Esta seção apresenta a mecânica da formação de preços usada pelas transportadoras. Essa discussão aplica-se, especificamente, às transportadoras comuns, embora as contratadas sigam o método semelhante.

De acordo com Bowersox (2007), na terminologia de transportes, o preço em dólares por tonelada para movimentar um produto específico entre dois locais é denominado tarifa. A tarifa é listada em tabelas de preços ou em arquivos de computador conhecidos como tarifários.

O termo classe de tarifas evoluiu a partir do fato de que todos os produtos movimentados por transportadoras comuns são classificados para atender os objetivos de formação de preços. Todos os produtos transportados legalmente no comércio interestadual podem ser embarcados de acordo com a classe de tarifas.

A determinação das classes de tarifas de uma transportadora comum é um processo em duas etapas. A primeira etapa é determinar a classificação ou o grupo do produto a ser transportado. A segunda etapa é determinar a tarifa ou o preço exato com base na classificação do produto e nos pontos de origem/destino da carga.

## **2.3 LOGÍSTICA DE DISTRIBUIÇÃO URBANA**

### **2.3.1. Logística Urbana**

Thompson (2003) afirma que Logística Urbana é um processo de planejamento integrado para distribuição de carga urbana, baseado em um sistema de aproximações, as quais promovem esquemas inovadores que reduzem o custo dos movimentos de carga nas cidades.

Para Crainic *et al* (2004) a Logística Urbana possui os seguintes objetivos:

- Redução do congestionamento e aumento da mobilidade;
- Redução da poluição do ar e ruído - para alcançar as metas do Protocolo de *Kyoto*;
- Melhorar as condições de vida da população;
- Evitar punição indevida das atividades comerciais nos centros urbanos.

Segundo Taniguchi *et al.* (2001), existem muitos modelos de esquemas na Logística Urbana que aplicam uma ou mais das ações seguintes, as quais podem ser viabilizadas para garantir a otimização dos veículos, garantindo melhores custos e nível de serviço no transporte de carga:

- Sistemas de Tecnologia da Informação: facilitam as operações logísticas, garantindo interface de comunicação entre o motorista que faz a entrega e a base de controle e ainda informam a situação do tráfego em tempo real. As empresas de transportes que possuem sistemas de tecnologia da informação conseguem manter um banco de dados, gerando históricos detalhados para contribuir com as operações de coleta e entrega dos veículos;
- Sistemas Cooperativos de Transporte de Carga: visam otimizar o sistema de distribuição de cargas, reduzindo o número de caminhões que serão usados para realizar as operações de coleta e entrega;
- Terminais Logísticos Públicos: expressam a concentração estratégica para recebimento de cargas de grandes volumes a fim de atender clientes no segmento de varejo. Nas grandes cidades é potencial o uso de terminais para viabilizar os sistemas de transporte de carga cooperativos. Terminais logísticos públicos contribuem para reduzir o número de caminhões utilizados nas operações de entregas e coletas nos locais determinados, sendo essa operação conhecida como logística reversa;
- Controles do Fator de Carga: são utilizados para determinar a relação entre o perfil da carga no caminhão, visando caracterizar se a expedição dos produtos será por

peso ou volume. São empregados como referência às restrições dos veículos como, por exemplo, os limites de peso dos veículos (PBT – Peso Bruto Total), tempos parametrizados para entrar na região central da cidade, controle de emissão e dimensões dos caminhões (largura x comprimento x altura). Essa referência demonstra que altos fatores de carga geram baixo impacto no meio ambiente;

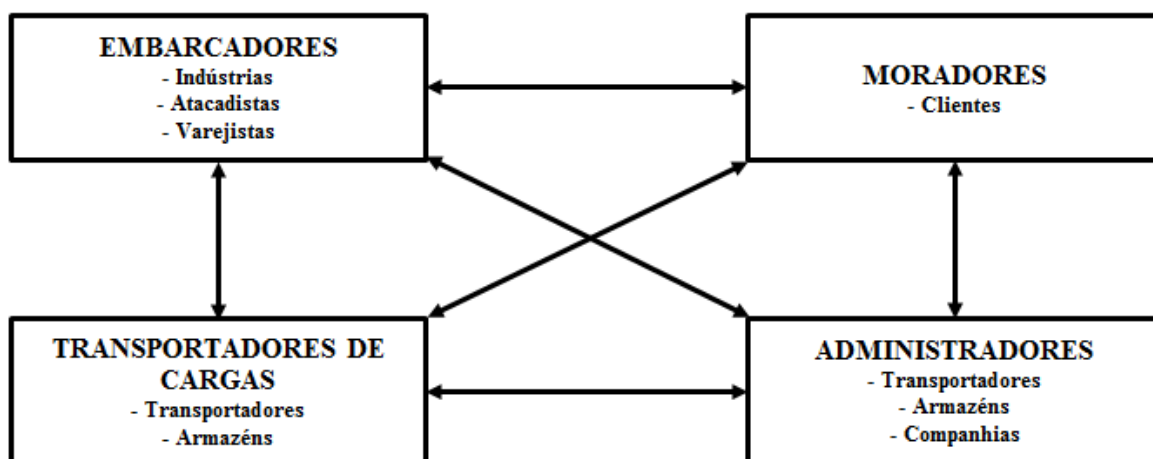
- Sistemas Subterrâneos de Transporte de Carga: são estratégias inovadoras para solucionar os grandes problemas do transporte urbano de carga. Essa ação terá um investimento muito elevado, porém será viabilizada pela redução das emissões de NOx e CO<sub>2</sub>, redução do consumo de energia e melhor desempenho de entregas.

De acordo com Taniguchi *et al.* (2001), é possível propor um método para o projeto do Sistema da Logística Urbana, que obtém os seguintes impactos:

- Problemas devem ser mensurados e tratados, podendo ser:
  - planejamento e controle da frota;
  - impactos ambientais;
  - congestionamento do tráfego urbano de veículos.
- Critérios de avaliação devem ser holísticos conforme os objetivos da Logística Urbana, que podem ser:
  - Sociais: deve eliminar congestionamento do tráfego pelo sistema mais eficiente de transporte na coleta e entrega, otimizando a dimensão da frota e melhorando o fator de carga;
  - Econômico: deve refletir melhorias nos custos fixos e operacionais;
  - Ambiental: deve reduzir emissões e ruído;
  - Consumo de energia: deve melhorar o desempenho no consumo de combustível.

O método acima, proposto por Taniguchi *et al.* (2001), pode ser formalizado logicamente no diagrama apresentado na Figura 7:





**Figura 8:** Atores-chave na Logística Urbana.

**Fonte:** TANIGUCHI *et al.* (2001), p.3.

A Figura 8 apresenta uma visão integrada dos principais membros que compõem uma cadeia de suprimentos, sendo fundamental para garantir a movimentação dos produtos desde os fornecedores iniciais até o destino final.

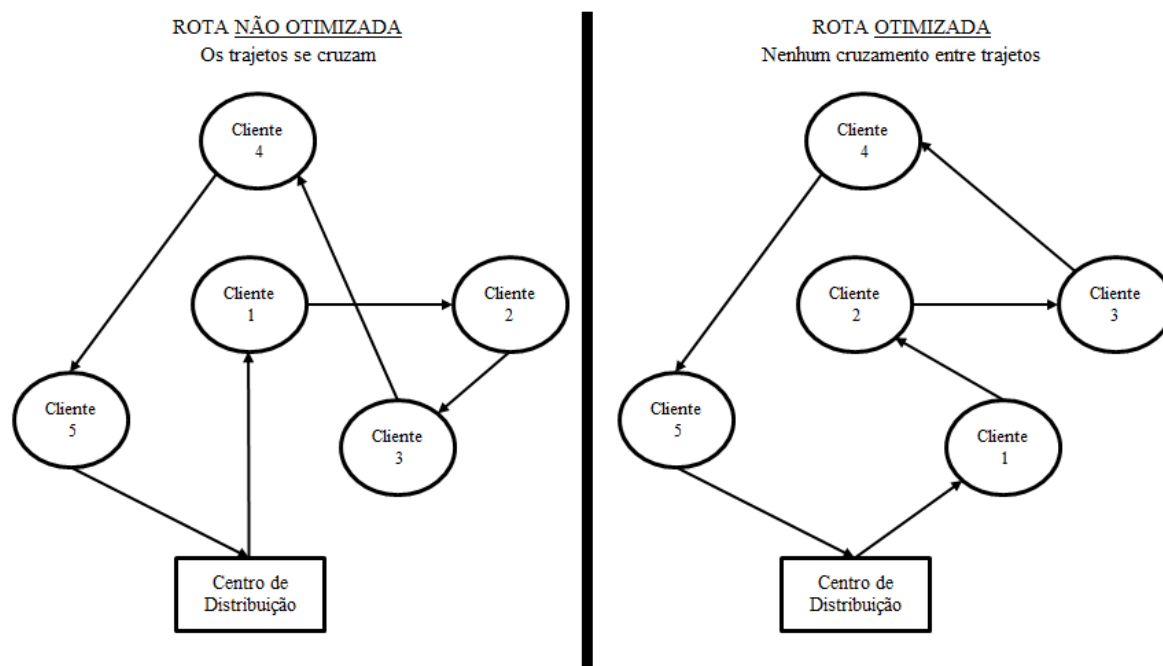
### 2.3.2. Roteirização e Programação de Veículos

De acordo com Ballou (2001) os princípios para uma programação e roteirização adequada são: carregar os caminhões com volumes de cargas que estejam próximas entre si e as paradas em dias diferentes devem ser combinadas para produzir agrupamentos mais densos.

Quando uma empresa aplica o conceito de redução de custos em transportes é notório perceber que a utilização dos maiores veículos viabiliza as rotas mais eficientes. Para rotas mais longas, é interessante usar o processo de logística reversa, combinando entregas e coletas na mesma rota. Cabe à empresa determinar parâmetros de níveis de serviços para não impactar a demanda final.

Uma lógica interessante para o processo de roteirização e programação de veículos é a análise de agrupamento (*cluster*) que determina as melhores posições estratégicas de entregas e coletas. As empresas de *software* de roteirização personalizam o sistema para atender à necessidade do cliente. Portanto, as parametrizações deverão ser baseadas e analisadas nas condições de localização e impacto no nível de serviço.

Segundo Ballou (2001), usar o capital humano para dimensionar roteiros é possível obter alguns resultados satisfatórios como, por exemplo, evitar que rotas se cruzem na mesma área delimitada de distribuição. A Figura 9 ilustra o efeito do cruzamento.



**Figura 9:** Exemplo de Roteirização otimizada e não otimizada.  
**Fonte:** Ballou, (2001).

Novaes (2001) descreve as principais operações de transportes aplicadas na roteirização e programação de veículos, baseadas no comportamento da rede logística. Os principais modelos de análise, para determinar o cenário, são apresentados abaixo:

- Coletas (*Collection*)
- Transportes de longo curso (*Linehaul*)
- Entregas (*Delivery*)
- Retorno (*Backhaul*)

As estratégias logísticas são fundamentais para identificar as oportunidades ofertadas ao mercado, garantindo a otimização dos recursos. Há grandes possibilidades de viabilizar uma operação, aplicando algumas das estratégias logísticas. A seguir são apresentadas 04 das estratégias logísticas.

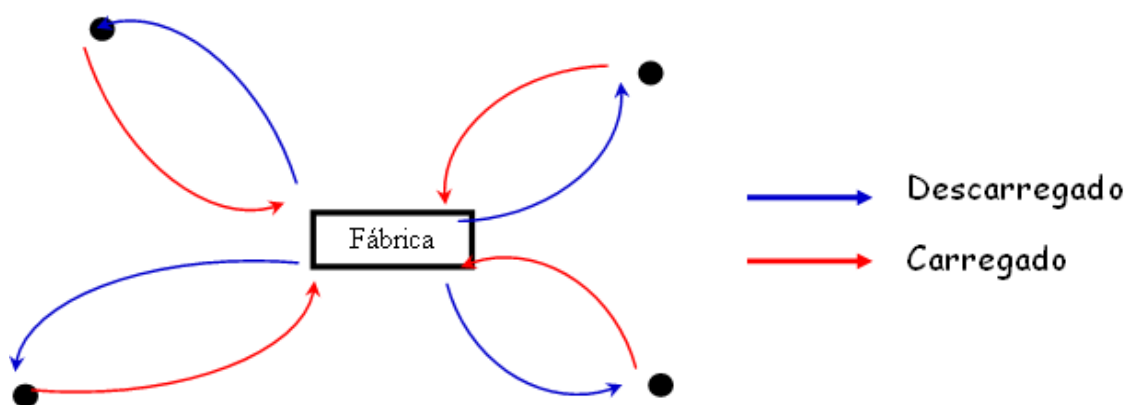


- **Suprimento (Físico):**
  - Coleta tradicional – direta (*Collection*);
  - Coleta consolidada (*Milk Run*).
- **Transferências:**
  - Carga fechada – *TruckLoad (TL)*; *CarLoad (CL)*;
  - Carga consolidada – *Less Than TruckLoad (LTL)*; *Less Than CarLoad (LCL)*.
- **Distribuição Física:**
  - Entrega tradicional – direta (*Delivery*);
  - Entrega consolidada (*Peddling*).
- **Operações reversas:**
  - Devoluções por erros (quantidade/tipo) ou danos (transporte/manuseio);
  - Retornos de paletes; equipamentos em garantia; produtos fora de validade;
  - Retornos para reciclagem ou por questões ambientais/ecológicas.

Chopra e Meindl (2003) apontam que existem vários tipos de rede de distribuição, destacando a rede de entrega direta, entrega direta com milk runs (coletas programadas), entregas via centro de distribuição centralizado, entregas via centro de distribuição utilizando *milk runs*.

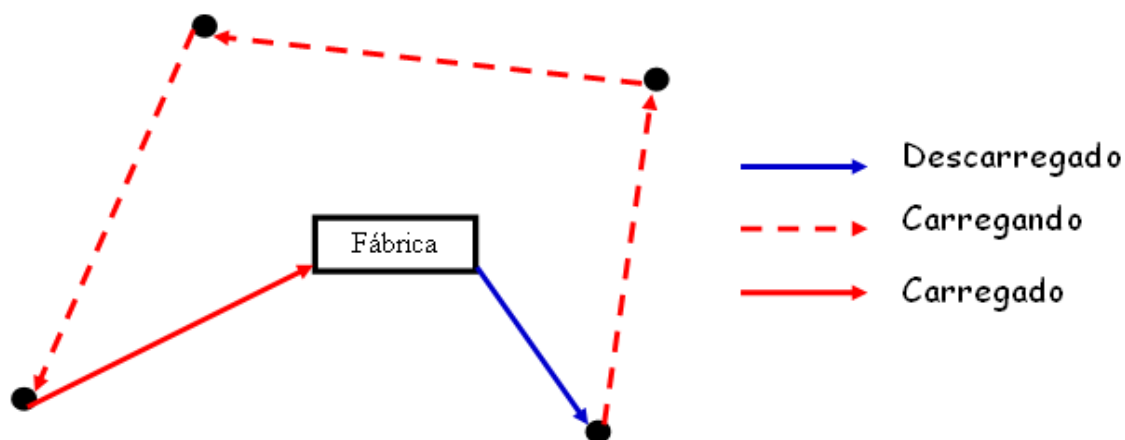
De acordo com Wanke (2009) é importante o planejamento de redes de distribuição para as operações de logística e *supply chain*. Nesse processo, os investimentos são extremamente elevados e representam grandes impactos no custo total e desempenho logístico (nível de serviço).

Nas operações de Suprimento (Físico) é possível aplicar 02 cenários para fazer a maximização dos recursos: a coleta tradicional – direta (*Collection*) e coleta consolidada (*Milk Run*). Na coleta tradicional ocorre o envolvimento de 4 pontos e 4 veículos para determinar o fluxo operacional de cargas e, na coleta consolidada, ocorre o envolvimento de 4 pontos e um veículo. As Figuras 10 e 11 ilustram o modelo das operações:



**Figura 10:** Suprimento tradicional – *Collection* (4 pontos - 4 Veículos)

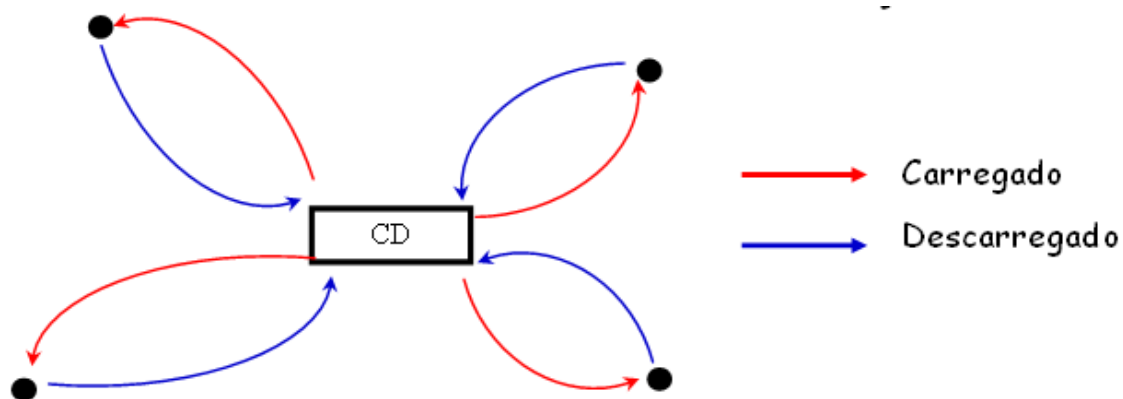
Fonte: elaborada pelo autor



**Figura 11:** Suprimento consolidado - *Milk Run* (4 pontos - 1 Veículo)

Fonte: elaborada pelo autor

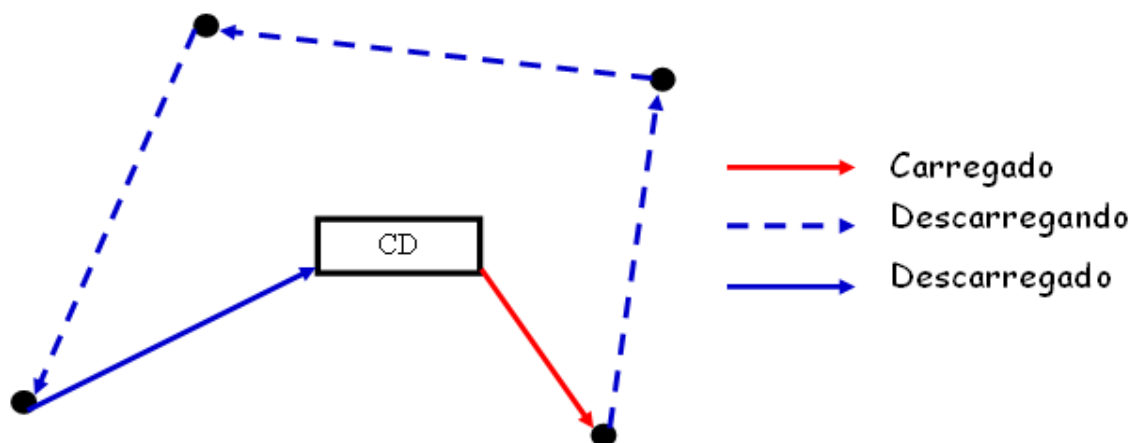
Nas operações de distribuição física é possível aplicar 02 conceitos convencionais para realizar o processo de distribuição de forma competitiva. A entrega tradicional – direta (*Delivery*) é realizada na mesma equivalência de oferta de veículos e pontos de contatos. Na Figura 12 é apresentado um exemplo contendo 4 pontos e 4 veículos.



**Figura 12:** Distribuição tradicional – *Delivery* (4 pontos - 4 Veículos)

Fonte: elaborada pelo autor

A outra característica de distribuição física é a realização de entregas consolidadas (*Peddling*). Nessa operação é possível perceber um processo otimizado em relação à disponibilidade de recursos. Porém, é importante ressaltar o comportamento do nível de serviço como um fator criterioso para a escolha. A Figura 13 ilustra um exemplo contendo 4 pontos de entregas e 1 veículo, realizando a operação com 100% da carga até a primeira entrega, carga parcial e 100% vazio.



**Figura 13:** Distribuição consolidada - *Peddling* (4 pontos - 1 Veículo)  
Fonte: elaborada pelo autor

### 2.3.3. Tipos de veículos para transporte de carga urbana

Existe uma gama enorme de opções de caminhões no mercado. O maior desafio para as empresas é realizar a configuração ótima do caminhão, respeitando legislação e perfil de carga baseado no comportamento da demanda.

As cidades brasileiras crescem constantemente em função do cenário econômico e tecnológico. Esses fatores apontam maior movimentação e consumo dos produtos na cadeia de suprimentos e, como consequência, nas regiões urbanas.

O caminhão é o elo principal entre a produção e venda do produto, apresentando grande importância para o país. A diversificação dos caminhões tem aumentado recentemente em função de algumas restrições de movimentação nas vias urbanas. As montadoras acompanham o comportamento do mercado consumidor para ofertarem a melhor categoria de veículo. (MERCEDES BENZ, 2012).

De acordo com Novaes (2001) a escolha do recurso a ser utilizado deve ser baseada no modelo mais adequado para atender às necessidades ou aos problemas enfrentados por cada transporte.

Para Rodrigues (2003) os veículos utilizados no transporte rodoviário de cargas são classificados por sua capacidade de carga, quantidade e distância entre eixos. Essa relação determina se o caminhão será Veículo Urbano de Carga (VUC), Toco ou Truck.

Segundo Novaes (2001) alguns dados são extremamente importantes para se determinar a escolha correta do equipamento, tais como:

- Característica da carga:
  - Tipo (sólida, granel, sacaria);
  - Peso específico ( $\text{kg} / \text{m}^3$ ) ou unitário;
  - Volume ( $\text{m}^3$ );
  - Fragilidade;
  - Tipo de embalagem;
  - Limites de empilhamento;
  - Possibilidade de unitização;
  - Temperatura de conservação;
  - Nível de umidade admissível;
  - Prazo de validade;
  - Legislação.
- Características do Transporte:
  - Identificação dos pontos de origem e destino;
  - Determinação da demanda e frequência de abastecimento e atendimento;
  - Sistemas de carga e descarga (identificação/compatibilização);
  - Horários de funcionamento dos locais de origem e destino;
  - Dias úteis disponíveis no mês;
  - Tempo de carga e descarga (espera, pesagem, conferência e emissão de documentos).

- Características das rotas:
  - Distância entre os pontos de origem e destino;
  - Tipo de estrada (pavimento e trânsito);
  - Topografia (rampa máxima e altitude);
  - Pesos máximos permitidos em pontes e viadutos;
  - Legislação de trânsito (federal, estadual, municipal e interestadual);
  - Distância máxima entre os pontos de abastecimento, assistência técnica, etc..
  
- Características técnicas do equipamento:
  - Relação peso/ potência;
  - Torque;
  - Tipo de tração;
  - Relação de transmissão;
  - Tipo de pneumático;
  - Motor turboalimentado ou não;
  - Manobrabilidade;
  - Tipo de cabina (simples ou leito);
  - Tipo de composição (simples, articulada ou combinada);
  - Entre eixos;
  - Capacidade de subida de rampa;
  - Carga líquida;
  - Círculo de viragem;
  - Tipo de suspensão;
  - Autonomia (combustível);
  - Sistema de freios;
  - Componentes especiais (filtros, regulador barométrico, tomada de força);
  - Tipo e dimensão de carroceria;
  - Dispositivos especiais relativos à carga (equipamentos de refrigeração, moto-bomba, dispositivos de amarração e fixação de carga, etc..)




A Tabela 5 classifica alguns equipamentos rodoviários de transportes de cargas:

**Tabela 5:** Classificação dos caminhões de acordo com sua finalidade.

<b>Tipo de carroceria</b>	<b>Principais características</b>
Plataforma	Transporte de contêineres e cargas de grande volume ou peso unitário.
Baú	Possui uma estrutura semelhante a dos contêineres que protege das intempéries toda a carga transportada.
Tremonha ou com Caçamba	Transporte de cargas a granel, descarregado por gravidade pela basculação da caçamba.
Aberto	Transporte de mercadorias não perecíveis e pequenos volumes. Em caso de chuva, são cobertos com encerados.
Refrigerado	Transporte de gêneros perecíveis. Semelhante ao caminhão baú, porém, possui mecanismos próprios para a refrigeração e manutenção da temperatura no compartimento de cargas.
Tanque	Sua carroceria é um reservatório dividido em tanques, destinados ao transporte de derivados de petróleo e outros líquidos a granel.
Graneleiro ou Silo	Possui carroceria adequada para o transporte de granéis, sólidos. Descarrega por gravidade através de portinholas que se abrem.
Especiais	Podem ser: rebaixados e reforçados para o transporte de carga pesada, possuir guindaste sobre a carroceria e cegonha projetadas para o transporte de automóveis.
Semi-Reboques	Carrocerias de diversos tipos e tamanhos, sem propulsão própria, para acoplamento a caminhões-trator ou cavalos-mecânicos, formando os conjuntos articulados, conhecidos como carretas. Este tipo de equipamento é muito versátil, uma vez que podem ser desengatados e deixados em terminal de carga, liberando o cavalo-mecânico para prosseguir em outros serviços de transporte.



**Fonte:** Rodrigues (2003, p.52).

As Figuras 14 e 15 apresentam os tipos de caminhões usados no transporte das mais variadas cargas e suas respectivas carrocerias:

	Veículo Urbano de Carga (VUC) tem como característica: largura máxima de 2,2 metros, comprimento máximo de 6,30 metros e limite de emissão de poluentes.
	Caminhão leve (conhecido popularmente como 3/4): Permite maior agilidade nas operações urbanas do transporte de cargas.
	Caminhão semi-pesado (conhecido popularmente como Toco): Caminhão que tem eixo simples na carroceria, ou seja, não é duplo.
	Caminhão pesado (conhecido popularmente como Truck): Caminhão que tem eixo duplo na carroceria, ou seja, são dois eixos juntos. O objetivo é suportar mais peso e proporcionar um melhor desempenho do veículo.
	Caminhão extra-pesado (unidade tratora cavalo-mecânico): É o conjunto monolítico formado pela cabina, motor e rodas de tração do caminhão. Pode ser engatado em vários tipos de carretas e semi-reboques.
	Caminhão extra-pesado (cavalo-mecânico trucado): Possui eixo duplo em seu conjunto para suportar mais peso.

**Figura 14:** Tipos de Veículos.

**Fonte:** FRETТА.LOG Transporte e Logística (2009).

Carrocerias	Semi-Reboque
<p>Carga seca ou carroceria aberta</p> 	<p>Carga seca ou carroceria aberta</p> 
<p>Guindaste ou Munck</p> 	<p>Baú lonado ou Sider</p> 
<p>Baú lonado ou Sider</p> 	<p>Baú de alumínio</p> 
<p>Baú de alumínio</p> 	<p>Porta Contâiner ou Bug</p> 

**Figura 15:** Tipos de Carroceria e Semi-Reboque.  
Fonte: FRETТА.LOG Transporte e Logística (2009)



#### 2.3.4. Veículos urbanos de carga

Os Veículos Urbanos de Carga (VUC) são caminhões de menor porte, adequado para realizar as operações de entregas em áreas urbanas, principalmente nas regiões centrais das grandes cidades. Trata-se de um caminhão que apresenta baixo impacto na fluidez do trânsito em áreas urbanas.



**Figura 16:** Exemplo de Veículo Urbano de Carga (VUC).  
**Fonte:** Google (2012)

De acordo com Companhia de Engenharia de Tráfego de São Paulo (2012), os Veículos Urbanos de Carga estão liberados por período integral na Zona de Máxima Restrição de Circulação – ZMRC, desde que devidamente cadastrados. O cadastro é uma forma de restringir e controlar o perfil dos caminhões nas áreas centrais.

Na Figura 17, é possível perceber a delimitação feita no mapa para restringir a circulação dos caminhões VUC.



**Figura 17:** Mapa da Zona de Máxima Restrição de Circulação de Caminhões (ZMRC)

**Fonte:** Prefeitura de São Paulo (2012)

Segundo o SP Despachante (2012), o VUC é o caminhão de menor porte, mais apropriado para áreas urbanas. De acordo com o inciso I do artigo 2º do Decreto Municipal nº 48.338, de 10 de maio de 2007, os Veículos Urbanos de Carga - VUC - são caminhões que possuem conjuntamente as seguintes características:

- largura máxima: 2,20 m (dois metros e vinte centímetros);
- comprimento máximo: 6,30 m (seis metros e trinta centímetros);
- limite de emissão de poluentes: os especificados para o PROCONVE L-4 ou P-5, conforme o caso e, a partir de 1º de janeiro de 2009, PROCONVE L-5 ou P-6, conforme o caso, cujos parâmetros técnicos são estabelecidos pelas alíneas "a" a "h" dos artigos 5º e 6º (PROCONVE L-4 e L-5) e Tabelas 1 e 2 do artigo 15 da Resolução CONAMA nº 315, de 29 de outubro de 2002. Esta característica de emissão de poluentes pode ser verificada junto às montadoras, mediante número do chassi.

Ainda para o SP Despachante (2012), o comprimento total é a medida do para-choque dianteiro até o para-choque traseiro e a largura total é a largura medida no ponto mais largo do conjunto veículo/carroceria. Não são considerados os acessórios tais como espelhos, engates para reboque, batentes de borracha ou fechaduras que, eventualmente, excedam as dimensões da cabine ou da carroceria, tanto na largura quanto no comprimento.

# CAPÍTULO 3

## SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL

Ao final dos anos 80, a introdução de computadores pessoais no mercado e a possibilidade de realizar animações, facilitando a visualização dos resultados, possibilitaram que a simulação ganhasse espaço nas grandes empresas. Apesar de ainda ser usada majoritariamente para analisar sistemas com falhas, em muitos casos, a simulação passou a ser solicitada antes do início do funcionamento do sistema e, em algumas empresas maiores, passou a ser pré-requisito para grandes investimentos.

A simulação é usada como uma ferramenta padrão na maioria das empresas norte-americanas, sendo que os *softwares* têm interfaces cada vez mais “amigáveis no mercado”. No Brasil, a simulação ainda é pouco difundida, sendo usada principalmente por empresas na análise de grandes investimentos para verificar sua viabilidade e potencial retorno do capital.

A simulação computacional tem se tornado uma ferramenta bastante conhecida e utilizada, uma vez que apresenta habilidade inerente de avaliar sistemas complexos e considerar seu comportamento dinâmico.

O uso de simulação, como é empregado hoje, começou no início dos anos 80 à medida que os computadores foram ficando mais rápidos e financeiramente acessíveis. Segundo Kelton *et al.* (2004) a simulação era usada principalmente como uma ferramenta para determinar a causa de acidentes e a quem culpar. A simulação foi definida por vários autores. Schriber (1974), citado por Freitas (2001), define-a como a modelagem de um processo ou sistema, de tal forma que o modelo imite as respostas do sistema real numa sucessão de eventos que

ocorrem ao longo do tempo. Pode-se perceber que Schriber não define como necessário para a simulação o uso de um computador. Freitas (2001) explica isso com o fato de que, na época, ainda era comum a utilização de modelos analógicos e físicos para se estudar e analisar o comportamento de sistemas.

Kelton *et al.* (2004) explicitaram a possibilidade do uso de computadores quando definiram a simulação com sendo uma vasta coleção de métodos e aplicações para imitar o comportamento do sistema real, geralmente em um computador com o software apropriado.

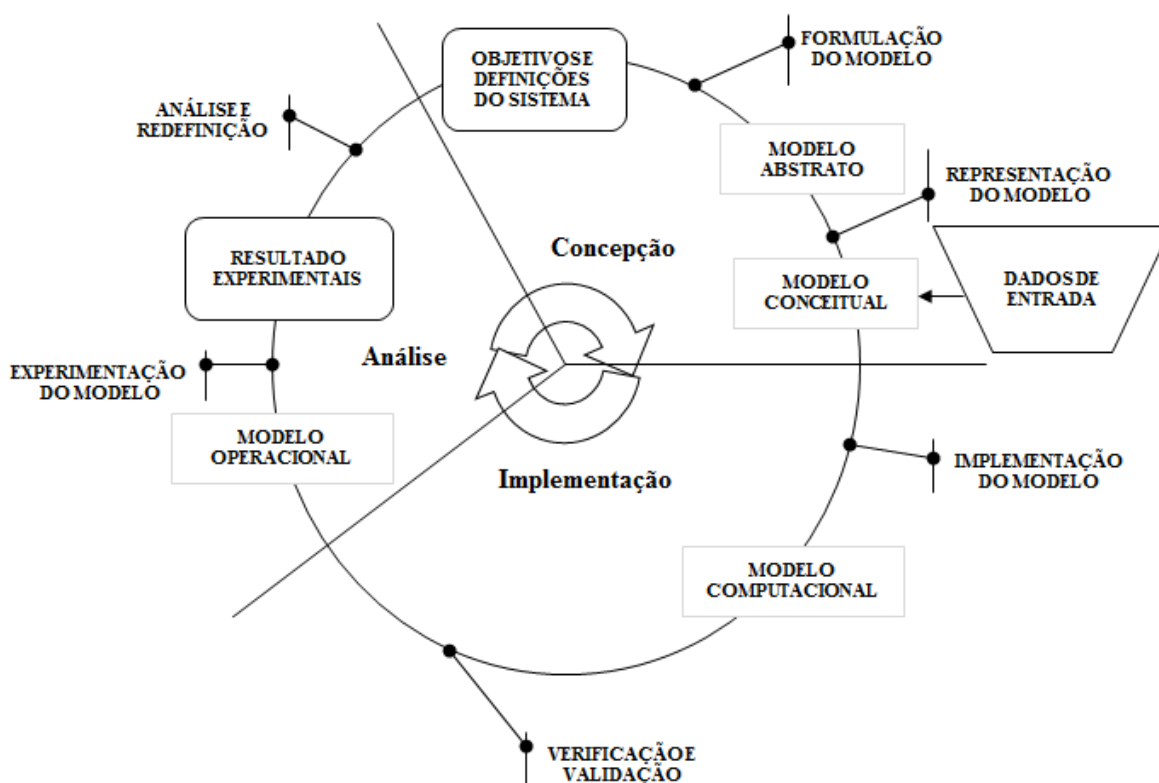
A metodologia de simulação computacional faz uso, em uma de suas fases, da modelagem conceitual de processos. O uso de técnicas de modelagem aumenta a qualidade dos modelos de simulação e ainda reduz o tempo necessário para a construção destes modelos computacionais. Esta é a principal razão para muitos pesquisadores como Perera e Liyanage (2000); Chwif e Medina (2007); e Leal (2008) focarem seus trabalhos na obtenção de uma interligação entre as ferramentas de modelagem e processos de simulação.

Segundo Law (2006) a etapa de criação do modelo conceitual é o aspecto mais importante de um estudo de simulação. Trabalhos como de Greasley (2006), Leal *et al.* (2008), Kumar e Phrommathed (2006), utilizam o mapeamento de processo como forma de descrever a lógica e determinar os pontos de decisão, antes mesmo do modelo computacional ser construído.

A simulação tem se tornado uma das mais populares técnicas para analisar problemas complexos em sistemas de manufatura. De acordo com Harrel *et al.* (2000) simulação é a imitação de um sistema real, modelado computacionalmente, para avaliação e melhorias no desempenho deste sistema. Já para Montevechi *et al.* (2007) ela é a importação da realidade para um ambiente controlado, no qual seu comportamento pode ser estudado sob diversas condições, sem riscos físicos e/ou altos custos envolvidos.

Chwif (1999) propõe três fases para a condução de um projeto de simulação: a concepção, a implementação e a análise dos resultados do modelo. Segundo o mesmo autor, na primeira fase, o analista de simulação deve entender claramente o sistema a ser simulado,

decidir qual é a abrangência do modelo e o nível de detalhe, para, enfim, transformar o modelo abstrato (na mente do analista) em modelo conceitual por meio de uma técnica apropriada de representação do modelo. Hoje, sabe-se que a simulação envolve muito mais que a simples construção de um programa, sendo esta atividade apenas uma, dentre as inúmeras de um estudo de simulação. A Figura 18 ilustra as etapas que ocorrem para determinar a metodologia de simulação.



**Figura 18:** Metodologia de simulação

**Fonte:** Chwif e Medina (2007), adaptado pelo autor.

Para Nethe e Stahlmann (1999) o desenvolvimento de modelos de processos antes do desenvolvimento dos modelos de simulação apresenta vantagens tais como grande auxílio na coleta de informações relevantes e redução de esforços e tempo consumidos no desenvolvimento de um modelo de simulação.

Em seu trabalho, Sargent (2004) procura explicar a diferença entre o modelo conceitual e o modelo computacional. Segundo o autor, o modelo conceitual é a representação matemática, lógica ou verbal do problema, e o modelo computacional é o modelo conceitual implantado em um computador.

Para a representação do modelo conceitual diversas técnicas podem ser empregadas. Para Hernandez-Matias *et al.* (2008) não há um único método de modelagem conceitual que pode modelar completamente um sistema complexo de manufatura. Como resultado das limitações destas técnicas, diferentes métodos integrados de modelagem têm sido desenvolvidos.

Com ou sem o uso de computadores, a simulação é uma ferramenta potente, mas possui algumas limitações. Os sistemas reais, geralmente, apresentam uma maior complexidade devida, principalmente, a sua natureza dinâmica e a sua natureza aleatória (CHWIF e MEDINA, 2007). O *website* da Paragon, representante no Brasil do *software* de simulação ARENA, mostra que pode não ser possível a representação total de um sistema, ao definir simulação como a técnica de estudar o comportamento e reações de um determinado sistema por meio de modelos que imitam, na totalidade ou em parte, as propriedades e comportamentos deste sistema em uma escala menor, permitindo sua manipulação e estudo detalhado.

### 3.1 Elementos Básicos da Simulação Computacional

Banks e Carson II (2004) definem os elementos básicos da simulação como:

- **ENTIDADES** - São as partes que “circulam” no modelo, elas têm seu estado alterado, afetam e são afetadas por outras entidades, ocupam recursos e filas, e interferem no estado do sistema. As entidades podem ser criadas individualmente ou em lotes.
- **ATRIBUTOS** - São características próprias da entidade, porém podem assumir valores distintos, diferenciando cada uma. Um exemplo de atributo é o horário de entrada no sistema, cada entidade terá seu próprio horário de chegada.
- **VARIÁVEIS** - São informações que refletem algumas características do sistema, independente das entidades circulando. As variáveis são números reais, vetores ou matrizes, de acordo com a necessidade de organizar as informações.

- **RECURSOS** - Os recursos fornecem serviços às entidades. No geral, as entidades competem entre si para ocupar os recursos que, geralmente, representam pessoas, máquinas ou espaço em área de estocagem.
- **FILAS** - As filas são os locais ocupados pelas entidades enquanto elas esperam por um recurso ocupado com outra atividade ou entidade. A fila pode ser processada de acordo com diferentes regras como prioridades e ordem de chegada, entre outros.

A Tabela 6 apresenta exemplos dos elementos básicos de simulação para alguns sistemas.

**Tabela 6:** Exemplos de sistemas e seus componentes.

SISTEMA	ENTIDADES	ATRIBUTOS	ATIVIDADES	EVENTOS	VARIÁVEIS
Banco	Clientes	Saldo em conta	Realizar depósito	Chegada; Saída	Número de caixas ocupados; número de clientes esperando
Trem de alta velocidade	Passageiros	Origem e destino	Viajar	Chegada na estação de origem; Chegada na estação de destino	Número de passageiros esperando em cada estação; número de passageiros em trânsito
Produção	Máquinas	Velocidade; capacidade; Taxa de quebra	Soldagem	Quebra	Estado da máquina (ocupada, livre, quebrada)
Comunicações	Mensagens	Tamanho; destino	Transmissão	Chegada ao destino	Número esperando para ser transmitido
Inventário	Estoque	Capacidade	Saídas	Demanda	Nível de estoque; pedidos atrasados.

**Fonte:** Banks e Carson II (2004)

Com uma boa integração dos sistemas e seus componentes é possível perceber a sinergia nos processos que irão compor toda a estrutura de uma simulação computacional, caracterizando adequadamente o perfil do cenário a ser analisado.

### 3.1.1 Eventos

De acordo com Chwif e Medina (2007) a simulação de eventos discretos é utilizada para modelar sistemas que mudam o seu estado em momentos discretos no tempo a partir da ocorrência de eventos. A simulação de eventos discretos, diferentemente da simulação Monte Carlo, tem, na passagem de tempo, uma variável importante que é usada para representar o comportamento de um modelo no decorrer do tempo.

Os modelos de simulação são desenvolvidos e executados criando-se um histórico artificial de um sistema. Com base nas considerações feitas e a partir das observações realizadas e coletadas é possível estimar os indicadores do sistema real (BANKS *et al.*, 2004).

Como a simulação é baseada em modelos reais, contém muitos dados e informações, sendo, na maioria das vezes, necessário o uso de computadores e *softwares* específicos para esta função. No mercado existem vários *softwares* de simulação, tais como o ARENA, AutoMod, QUEST, ProModel, SIMUL8, entre outros. A seguir é apresentada a estrutura de um SIG com aplicabilidade em simulação.

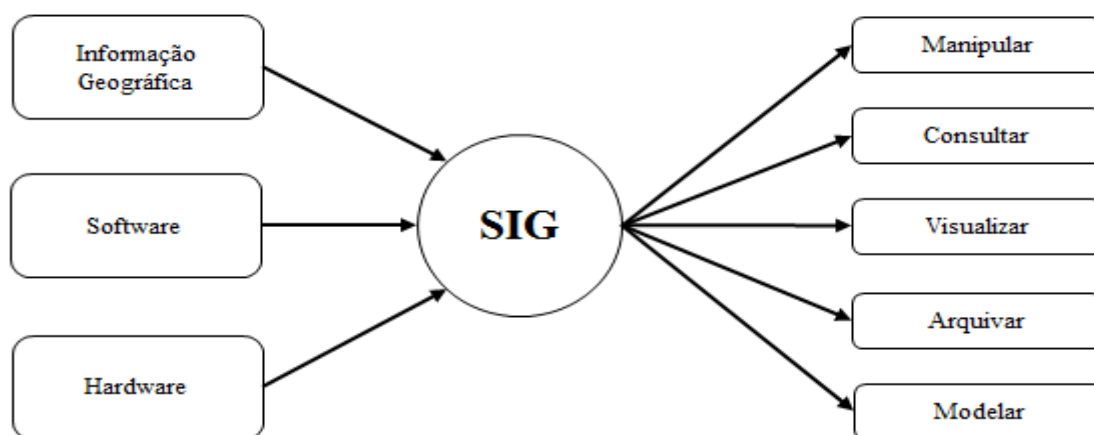
### 3.2 Sistema de Informações Geográficas (SIG)

Sistema de Informação Geográfica (SIG) são, essencialmente, sistemas de informação projetados especialmente para capturar, armazenar, manipular, atualizar, analisar, mapear os dados espaciais e apresentar todas as informações referenciadas geograficamente.

Segundo *Federal Interagency Coordinating Committee* (FICCDC), SIG é um conjunto de sistemas composto por *software* e *hardware* e por procedimentos desenvolvidos para dar suporte à captura, ao gerenciamento, à manipulação, à análise e à apresentação de dados espaciais referenciados com o fim de resolver problemas complexos de gerenciamento e de planejamento.

A informação geográfica no SIG é organizada em camadas ou níveis de informação (*layers*), consistindo, cada uma, em um conjunto selecionado de objetos associados e respectivos atributos. A Figura 19 apresenta cenários de um SIG.

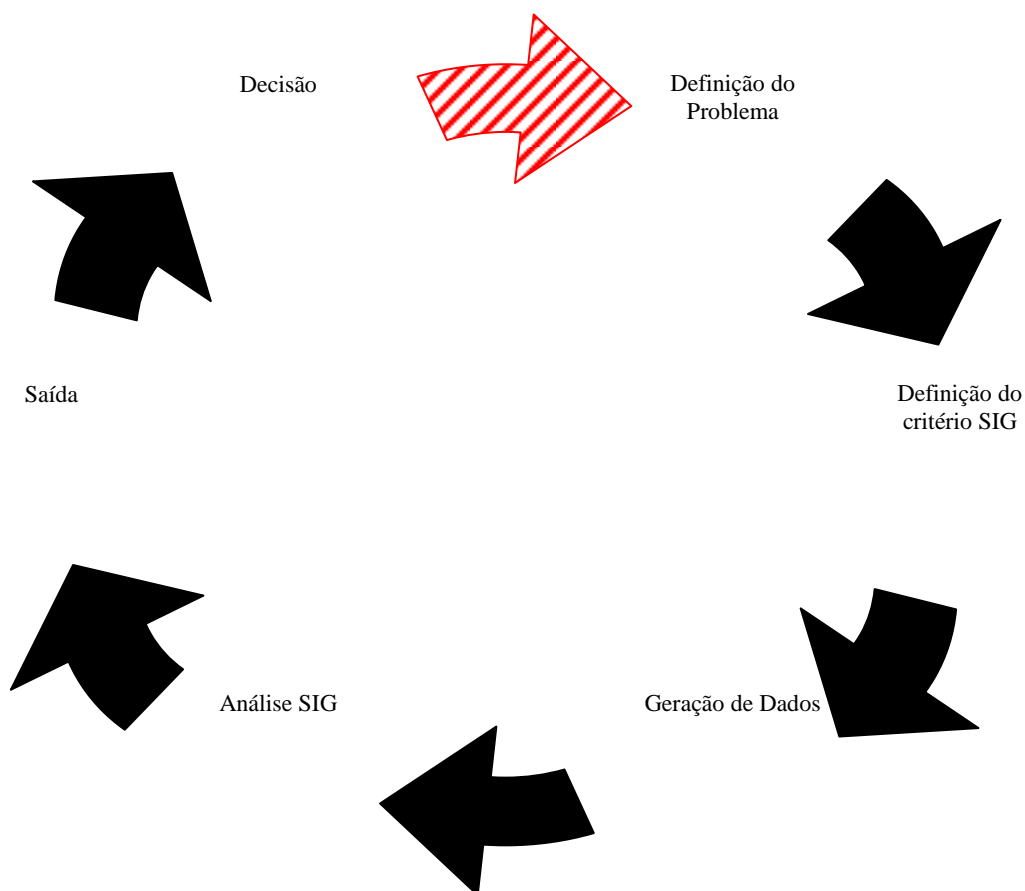




**Figura 19:** SIG (Sistemas de Informações Geográficas).

Fonte: elaborada pelo autor

Os atributos dos objetos espaciais – ex: as vias - podem ser armazenados em um banco de dados comum. Várias ferramentas permitem análises para serem empreendidas nas redes de trabalho espaciais. Sob certo ponto de vista, o processo de implantação de um SIG divide-se em três grandes fases: criação do banco de dados geográfico, modelagem do mundo real e a simulação. A figura 20 apresenta o ciclo de tomada de decisão com SIG.



**Figura 20:** Ciclo de tomada de decisão com SIG.

Fonte: elaborada pelo autor

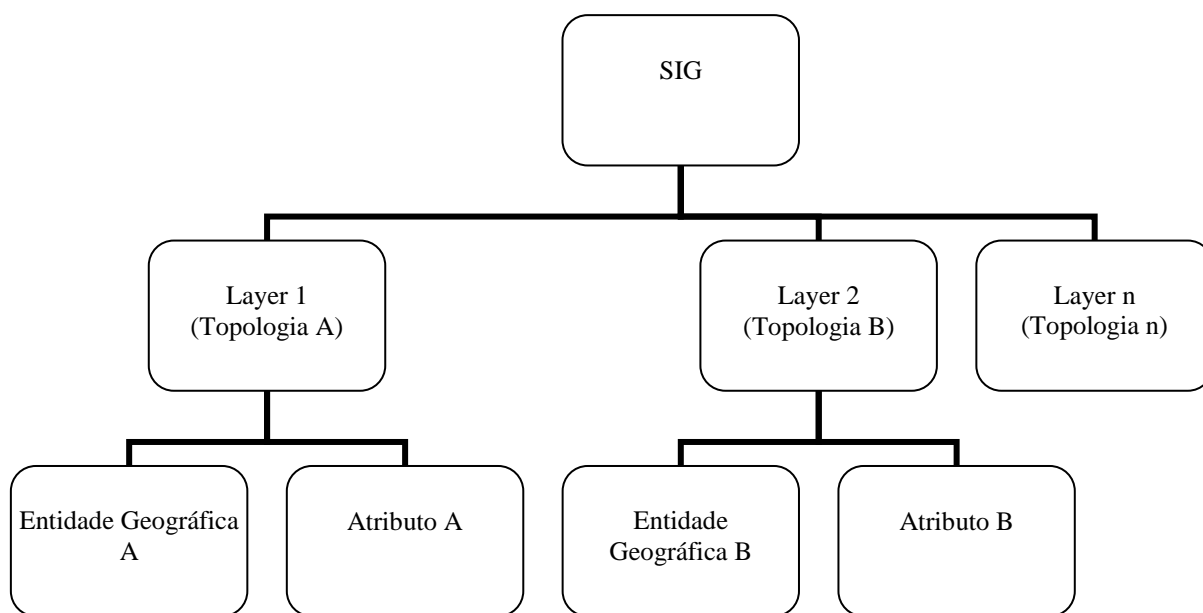
O SIG fornece uma estrutura para integrar a rede viária de trabalho e os dados de desempenho, permitindo uma representação real da rede construída. O *Software* de um SIG é um facilitador para trabalhar as informações/dados estruturados nos procedimentos de modelagem/simulação de transportes, que coleta, armazena, processa e analisa determinados dados geográficos, envolvendo o aumento da velocidade, a facilidade de seu uso e a segurança no manuseio destas informações, direcionando para uma perspectiva multidisciplinar de sua utilização. O *software* possui cinco módulos:

1. Coleta de Dados, Padronização, Entrada e Validação dos mesmos;
2. Armazenagem e Recuperação dos Dados;
3. Transformação ou Processamento de Dados;
4. Análise e Geração de Informação;
5. Saída e Apresentação de Resultados.

O SIG é um *software* que contém procedimentos para processamento de dados referenciados espacialmente e empregados na manipulação de dados de diversas fontes, possibilitando a recuperação e o cruzamento de informações, bem como a realização dos mais diversos tipos de análise espacial.

O *hardware* utilizado em um SIG é definido como conjunto de peças e equipamentos necessários para que se possam desenvolver as funções citadas acima. Compõe-se do computador e de seus periféricos, como impressora, *plotter*, *scanner* e unidades de armazenamento. A comunicação entre computadores também pode ser realizada por meio de um ambiente de rede.

Os SIG têm aplicações numa enorme variedade de áreas da engenharia, tais como planejamento e preservação de recursos naturais, transportes e logística e muitos outros. Em quase todos esses campos, há necessidade de ênfase na coleta, integração e análise de dados espaciais que, naturalmente, podem ser tratados por um SIG, razão pela qual a tecnologia dos SIG pode ser considerada uma *enabling technology*, no sentido que tem potencial de atender às necessidades e aplicações em outros campos do conhecimento. A Figura 21 aponta a estrutura de um SIG.



**Figura 21:** Estrutura do SIG.

Fonte: elaborada pelo autor

O SIG não garante a eficiência nem a eficácia de sua aplicação. Como em qualquer empresa ou órgão, técnicas e ferramentas novas ou reformuladas apenas se tornam eficientes quando se consegue interagir adequadamente a todo o processo envolvido. Não basta apenas investimento em *hardware* e *software*, mas fortemente também no treinamento das pessoas envolvidas, usuários e gestores para maximizar o potencial de uso de uma nova tecnologia.

Estão totalmente ligadas ao conhecimento e à experiência do profissional que submete seus dados a um tratamento específico de acordo com objetivo científico para obter os resultados desejados. A qualidade dos resultados do SIG não está ligada tão somente a sua sofisticação ou capacidade de processamento, mas é proporcional à experiência do usuário.

### 3.2.1 TransCAD

O TransCAD é uma poderosa ferramenta computacional para o planejamento, gerenciamento e análise de redes e sistemas de transporte. O mesmo possui uma plataforma de SIG que lhe permite uma combinação de competências para mapeamento digital, gestão de base de dados georreferenciados e apresentação gráfica. Possibilita a construção de redes viárias de simulação com qualidade cartográfica, criação e personalização de mapas, além de vários tipos de análises espaciais (CALIPER, 2006).

É um *software* robusto para modelagem, simulação e de geração de cenários futuros que têm plataforma de GIS integrada, podendo ser aplicado em problemas de quaisquer das modalidades de transportes, independente da complexidade de planejamento e operacionalização.

As recentes conquistas no mercado internacional e a estabilidade econômica são alguns dos fatores que têm impulsionado grandes avanços nas empresas brasileiras, de tal forma que uma das principais preocupações destas empresas tem sido a logística associada à questão computacional.

Os avanços computacionais das últimas décadas permitiram o surgimento de novas ferramentas computacionais, principalmente para o setor de logística. Neste contexto, estão os *softwares* que utilizam SIG integrados a métodos eficientes de otimização, além de saídas gráficas como mapas (CÂMARA *et al.*, 1996).

Dentre os diversos *softwares* existentes, tem se destacado o *TransCAD* o qual é conhecido, na literatura, como tendo uma plataforma de SIG aplicada aos transportes. Alguns autores inclusive o classificam como um Sistema de Informações Geográficas para Transportes (SIG-T) (SILVA e WAERDEN, 1997). O *TransCAD* também apresenta uma linguagem de programação conhecida como *Geographic Information System Development's Kit* (GISDK) não muito explorada na literatura.

Segundo Novaes (1989), o principal problema logístico associado ao transporte é o de roteirização de veículos, conhecido, na literatura, como Problema de Roteirização de Veículos (PRV). Este problema tem sido bastante estudado por diversos autores que buscam melhorias, visando uma maximização dos lucros e/ou minimização dos custos. Nas duas últimas décadas, os avanços foram significativos, porém os problemas a serem considerados também cresceram. Fatores como o crescimento urbano sem um planejamento adequado, crescimento econômico e, principalmente, o surgimento e crescimento do comércio eletrônico, têm afetado a distribuição de cargas em áreas urbanas (CUNHA, 2000).

Em um PRV clássico veículos deixam um depósito e coletam mercadorias de um conjunto de clientes. Para facilitar a operacionalização, as empresas procuram agrupar os clientes

em zonas segundo algum critério de similaridade, como por exemplo, a distância. Assim cada uma é atendida por um veículo. Sob o ponto de vista teórico essa estratégia é conhecida na literatura como Agrupar-Primeiro e Rotear-Depois (GILLET E MILLER, 1974) e vem apresentando bons resultados.

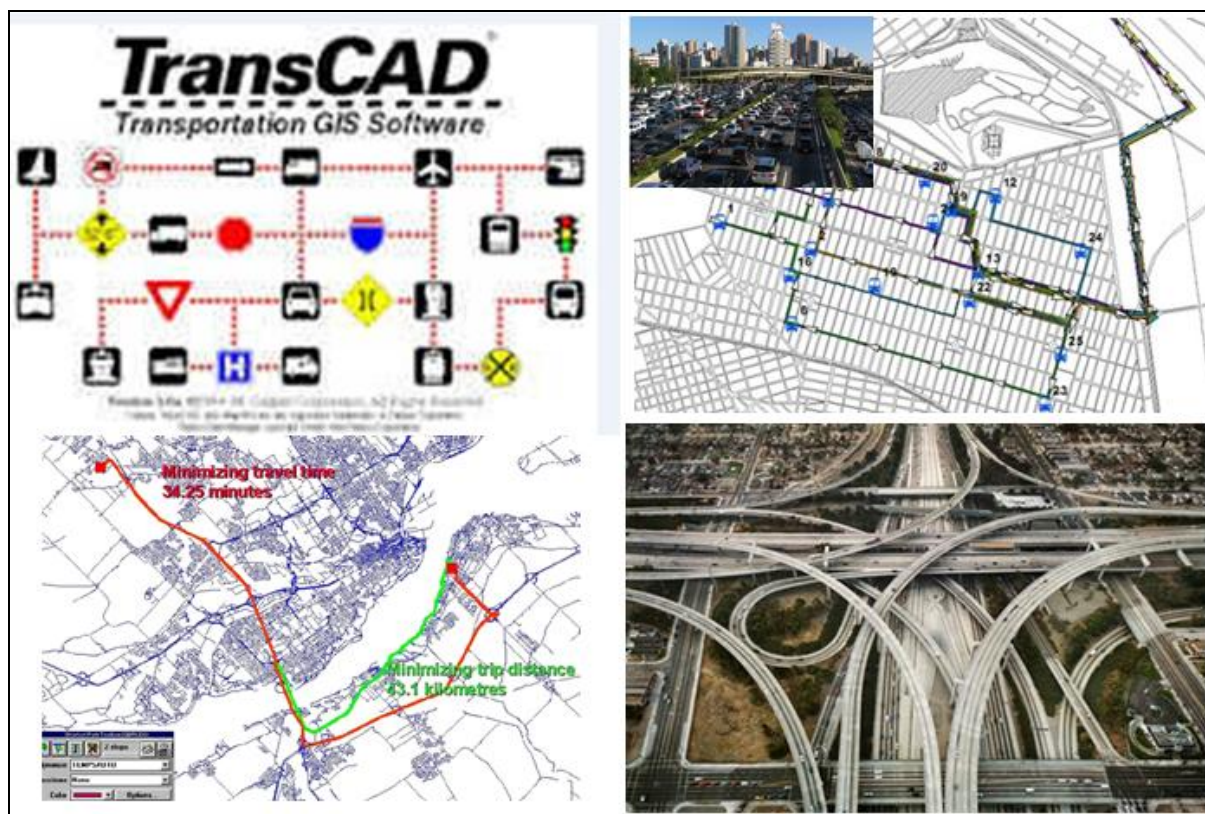
Nesta pesquisa o foco do trabalho é baseado na frota de veículos para realizar os serviços de coleta e entrega. Foi feita uma análise de roteirização por onde circulam os caminhões na região central de uma cidade de porte médio. O *software* fez a análise em um horário específico do comportamento da demanda na região central e dimensionou a quantidade de caminhões necessária para atender a região analisada.

O *TransCAD* simula o comportamento agregado do tráfego e é adequado para a análise de grandes redes, como malhas rodoviárias ou urbanas. Possui recursos para definição de links unidirecionais, proibição de movimentos em interseções e atributos como velocidade e capacidade de tráfego, permitindo, por exemplo, a reprodução fiel do plano de circulação de um município.

O *TransCAD* é utilizado para planejar, analisar e gerenciar um sistema de transporte e é ideal para suporte a tomadas de decisões. O *TransCAD* cria e edita mapas temáticos e dados geográficos, faz combinação de mapas digitais com bases de dados e produz gráficos. O seu modelo de dados inclui:

- Informação e direção do fluxo de cada trecho;
- Extensão de dados topológicos e não topológicos para representar os passos e desníveis;
- Dados de atrasos e restrições;
- Melhor representação de rotas;
- Confecciona e administra os dados mediante matrizes (fluxo, tempo de viagem e custos);
- Ferramenta para manutenção e cálculo de dados;

A Figura 22 ilustra a apresentação do sistema “fictício” do *software TransCAD* e as características do sistema real.



**Figura 22:** Apresentação do *TransCAD*.

Fonte: elaborada pelo autor

Por meio da disponibilização de tais recursos o *TransCAD* pode ser utilizado em diversas aplicações: modelagem de um sistema de transporte, roteirização, análise de fluxos de cargas e passageiros, estudo de localização e de instalações, além de permitir a resolução de problemas de redes, de logística e a construção de modelos estatísticos. Além disso, pode ser utilizado para construir sistemas de apoio à tomada de decisão, utilizando-se a linguagem de programação GISDK.

### 3.2.1.1 Roteirização com o *TransCAD*

Cunha (2000) aborda que a roteirização é a forma utilizada para designar o processo para determinar uma ou mais rotas (sequências) a serem cumpridas por determinados veículos de uma frota, objetivando-se em ir ao encontro de clientes geograficamente dispersos e em locais previamente determinados.

De acordo com Galvão (2003), existe um problema em transporte e logística para determinar qual o sistema de distribuição de produtos e quais veículos serão utilizados para efetuarem entregas, cobrindo determinada região, identificando clientes associados a

veículos que percorrem determinada distância para satisfazer restrições espaciais e temporais com o intuito de minimizar o custo de operação da frota.

Para verificar a viabilidade da operação dos veículos urbanos de cargas (VUC) foram considerados também o uso de caminhões leves (3/4) e caminhões pesados (tocos) em uma rota de entrega contendo 9 paradas com clientes regularmente atendidos e posterior retorno para o CD. As viagens dos três tipos de veículos de carga foram monitoradas e os dados foram obtidos pelo acionamento de macros<sup>4</sup> pelos motoristas, desde a expedição dos caminhões, paradas para as entregas nos clientes e, posterior, retorno para o CD em entregas piloto realizadas nos meses de setembro e outubro de 2012. Os apontamentos das macros informavam o horário de saída do veículo de carga do CD no início da rota, nas paradas nos clientes informavam a quilometragem do odômetro e os horários de chegada e saída, paradas extras para abastecimento ou por problemas mecânicos quando necessário, horário de almoço, etc.. O sistema de gestão da frota capturava os dados *on line* usando tecnologia de comunicação via satélite que eram tratados na forma de relatórios armazenados em banco de dados.

De acordo com essas informações sobre roteirização, SIG e o *software* TransCAD, tem-se então, um conjunto de ferramentas dispostas a simular e propor a melhor forma para otimizar as rotas e a utilização de veículos, seja pelo custo, pela qualidade ou para atendimento ao total da demanda no menor tempo. O *software* TransCAD proporciona soluções para vários tipos de problemas de roteirização, dentre estes o conjunto de procedimentos *Rounting/Logistics*. Neste conjunto de procedimentos, a ferramenta aplicada no estudo de caso deste trabalho é a *Vehicle Routing*. Esta ferramenta otimiza rotas e seleciona veículos mais adequados buscando minimizar os custos para atender a demandas de entregas e/ou coletas. Os passos necessários para realizar a otimização por meio da ferramenta *Vehicle Routing* são definidos nas cinco abas da ferramenta *Vehicle Routing*, conforme Figura 23.

- *Mode* - definição do modo de operação; indica se haverá entregas, coletas ou ambos; se os veículos devem retornar ao depósito e qual a duração máxima da viagem.

---

<sup>4</sup> Macros – Padronização de tarefas repetitivas. Em logística de distribuição essa função é aplicada no momento que o veículo é liberado do centro de distribuição até a chegada aos clientes. Trata-se de um teclado disponível na cabine do caminhão com sequência de processos padronizados.

- *Depot* e *Stop* - definição dos pontos de depósito e de entregas; indicação de demandas, janelas de tempo e posição geográfica.
- *Matrix* - definição da matriz de roteirização por tempo ou distância
- *Vehicle* - definição da frota de veículos disponível; indicação de capacidade, custos e depósito de origem.

Na configuração desse cenário no TransCAD foi criado o *layer* de clientes contendo a localização geográfica do CD (*depot*) e dos clientes a serem visitados (*stops*) em uma rota atendidas por um VUC. Além disso, também foram informados a demanda de cada cliente e a capacidade do VUC.

De acordo com Carrara (2007) esse procedimento de atendimento a clientes determina a rota pelo método de caminho mínimo viajado pelos veículos fazendo as entregas. Os dados de tempo de deslocamento e distâncias percorridas são armazenados em uma Matriz de Roteirização com base na rede viária configurada para uma dada área urbana.

Para simular um cenário de roteirização no TransCAD deve-se, inicialmente, obter e carregar um mapa georreferenciado criando os arquivos geográficos correspondentes, os quais deverão conter as devidas localizações dos depósitos (*depots*) e das paradas (*stops*), enquanto que outros parâmetros operacionais deverão ser adicionadas em sua base de dados (*dataview*).

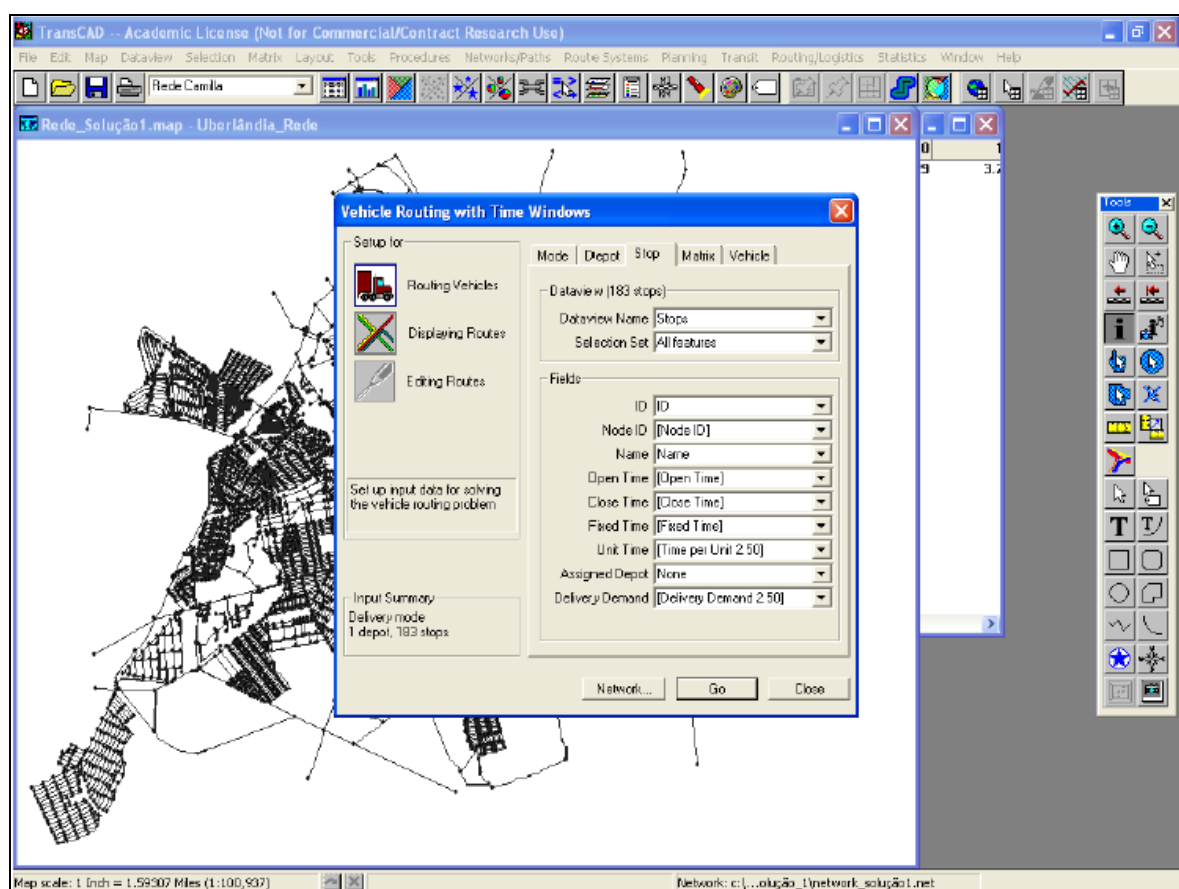
Esses arquivos geográficos e a base de dados deverão conter as seguintes informações necessárias para a roteirização:

- *ID* – identificador dos clientes e depósitos criados automaticamente pelo TransCAD quando são marcados geograficamente;
- *Name* – são os nomes dados aos depósitos ou paradas para identificação na rede;
- *Open Time* – é a identificação da hora de abertura dos depósitos ou paradas;
- *Close Time* – é a identificação da hora de fechamento dos depósitos ou paradas;
- *Node ID* – corresponde ao ID do nó mais próximo na rede viária dos depósitos e paradas;
- *Delivery Demand* – demanda gerada para entrega;



- *Pickup* – demanda gerada para coleta;
- *Fixed Time* – tempo fixo para realizar as entregas e/ou coletas nos pontos de paradas;
- *Time per Unit* – tempo unitário relativo exclusivamente à operação de entregas e/ou coletas nos pontos de paradas.

A Figura 23 mostra a caixa *Vehicle Routing* do TransCAD, quando a aba *Stop* foi selecionada.



**Figura 23:** Apresentação da caixa *Vehicle Routing* do TransCAD.  
Fonte: elaborada pelo autor

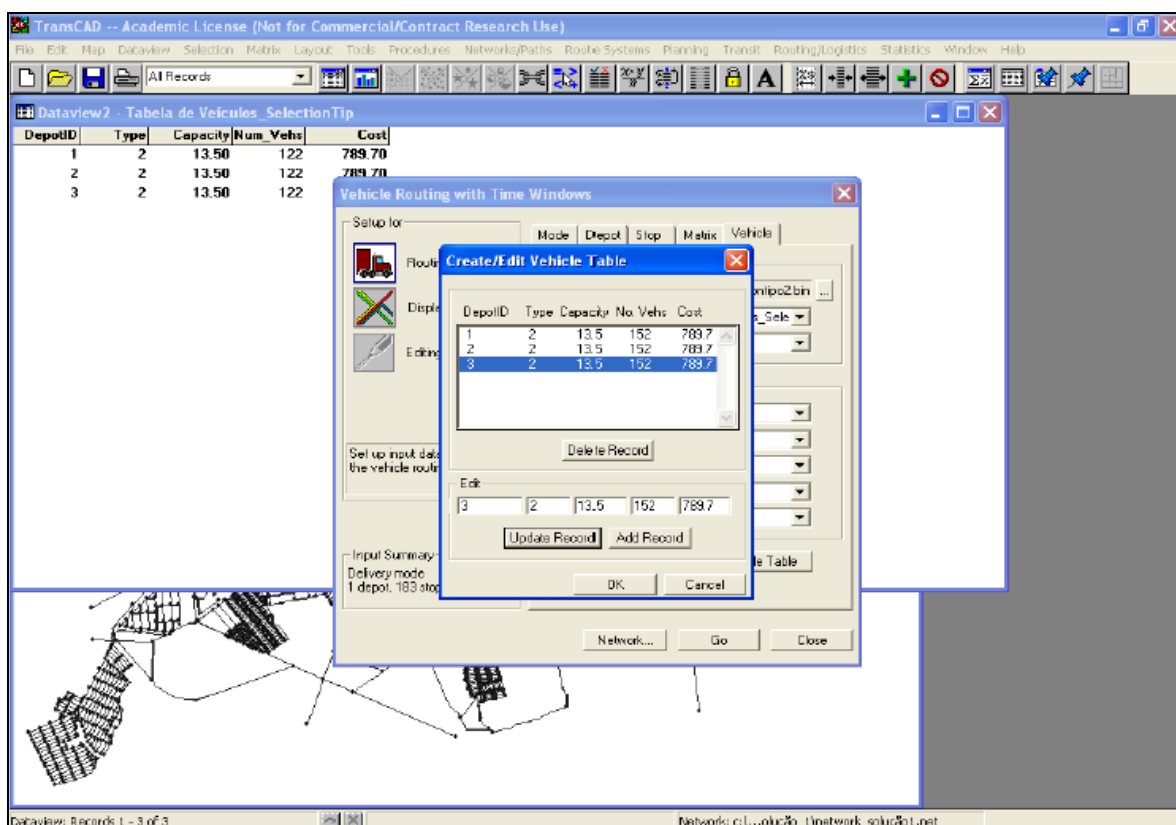
A matriz de roteirização é essencial para iniciar o procedimento de roteirização de veículos e é um arquivo matriz (*matrix file*) que contém a distância e/ou o tempo de viagem entre o CD e clientes (CARRARA, 2007).

Ainda segundo Carrara (2007) deve-se determinar os parâmetros referentes aos clientes e o CD que serão considerados e o procedimento a ser utilizado para

determinar a distância e tempo entre os pontos, para, assim, criar a matriz de roteirização. Deve-se, ainda, criar uma tabela com informações dos veículos disponíveis para expedição do centro de distribuição. Essa tabela de veículos deverá conter as seguintes informações:

- *Depot ID* – é o número da identificação do depósito ao qual o veículo está vinculado;
- *Type* – corresponde à determinação dos diferentes tipos de veículos;
- *Capacity* – é o valor da determinação da capacidade do veículo de acordo com o tipo especificado;
- *Number of Vehicles* – é a quantidade disponível por tipo de veículos nos depósitos;
- *Cost* – é o valor do custo operacional do veículo.

A Figura 24 ilustra a caixa para criar e editar a tabela de veículos no *software* TransCAD. Nessa etapa ocorre a alocação de recursos para parametrizar o processo de roteirização.



**Figura 24:** Caixa para criar e editar a tabela de veículos no TransCAD.

Fonte: elaborada pelo autor

O procedimento *Routing with Time Window* do TransCAD soluciona problemas de roteirização complexos com janela de tempo, frota heterogênea, restrições de rota e ainda considera múltiplos centros de distribuição. Esse procedimento, de acordo com Carrara (2007), examina as restrições da janela de tempo e os tempos de serviço nas paradas. As rotas geradas asseguram que as paradas são feitas na janela de tempo determinada.

## **CAPÍTULO 4**

### **CASO EM ESTUDO**

O estudo de caso foi realizado na cidade de Uberlândia (MG) com a colaboração de uma empresa do segmento de atacado e distribuição para entregas realizadas em uma rota com clientes próximos da área central da cidade. A cidade de Uberlândia está localizada no lado Oeste do estado de Minas Gerais, na região conhecida como Triângulo Mineiro. A empresa do setor de atacado e distribuição é uma empresa tradicional que opera há aproximadamente 60 anos no mercado, destacando-se no cenário brasileiro em processos de logística de distribuição. A empresa possuía em 2012 uma frota de 1.100 veículos próprios alocados em operações de distribuição e transferência de produtos. Na distribuição os veículos utilizados são os VUC, os caminhões leves (conhecidos no mercado como caminhões  $\frac{3}{4}$ ) e os semi-pesado (tecnicamente conhecido como caminhões toco) que atendem diretamente ao varejo. As operações de transferência são caracterizadas pela movimentação de produtos entre a matriz e o CD, realizada por veículos de grande capacidade de transportes, semi-reboques, tipo 2S3, de 27 toneladas de capacidade líquida.

#### **4.1 DESCRIÇÃO GERAL DA ORGANIZAÇÃO**

A empresa estudada teve início em 1953, na cidade de Uberlândia. O fundador iniciou as operações com um armazém de secos e molhados, numa loja com 110 m<sup>2</sup> que, em seguida, apresentou crescimento.

As vendas no atacado iniciaram quando passou a comprar grandes quantidades de produtos para conseguir preços mais competitivos, vendendo o excedente às necessidades do próprio negócio para outros comerciantes da região.

Depois de 1964, passou a atuar somente no atacado, iniciando a expansão por Goiás, Mato Grosso e Brasília e hoje atendendo todo o território nacional.

Em 1982, com o aumento do volume de compras, a empresa inaugurou a sua Central de Distribuição Avançada em Uberlândia com área de 13 mil m<sup>2</sup>.

Novos mercados foram sendo inseridos no contexto da empresa e o consequente volume de distribuição a levou a nova ampliação de sua área de armazenagem que, em 1987, passou para 29 mil m<sup>2</sup>.

A partir de 1996, a empresa inaugurou o seu depósito totalmente automatizado, com cerca de 10 mil m<sup>2</sup> e 20 m de pé direito.

O desafio de ser o maior atacadista-distribuidor da América Latina confere enorme complexidade às operações logísticas, demandando tecnologia de ponta em todos os processos. Para que o gerenciamento de toda esta estrutura seja alinhado com o ideal de excelência e baixos custos, foram aplicados em seu sistema operacional ideias inovadoras e muito trabalho.

Atualmente, a empresa estuada está presente em todos os estados brasileiros, sendo composta por 06 Centrais de Armazenagem e Distribuição (CAD), localizados em Uberlândia-MG, João Pessoa-PB, Manaus-AM, Jaboatão dos Guararapes-PE, Ananindeua-PA e Camaçari-BA e também contam com Centros de Distribuição Avançados (CDA) distribuídos em diversas cidades do país.

Assim, a empresa tem, como objetivo, representar mais que uma ponte de conexão entre a Indústria e o Comércio, sempre atento às constantes transformações do setor varejista, buscando promover oportunidades para o comerciante de qualquer parte e de qualquer lugar do país, entregando o produto certo, na hora e lugar corretos, com qualidade e preço justo, alavancando a eficiência dos canais de distribuição, construindo e consolidando marcas líderes junto ao consumidor final. Os números que caracterizam essa empresa são:

- Colaboradores (funcionários): 4.730
- Frota própria: 1.100 veículos de carga
- Representantes comerciais autônomos: 3.470
- Itens comercializados: 17.000
- Lojas de varejo: mais de 850 lojistas filiados
- Clientes ativos do atacado: 376.850
- Centrais de Armazenagem e Distribuição: 06
- Filiais de *Cross Docking*: 41

A missão da empresa é o atendimento às necessidades e expectativas do mercado global, com soluções de gestão e operação dos processos logísticos de qualidade, buscando aperfeiçoamento contínuo e competitividade com base em princípios éticos, criando valores para clientes, colaboradores e sócios.

A visão da empresa é ser um referencial de empresa ética, competitiva, inovadora e com marca forte.

A estrutura de equipamentos de movimentação e armazenagem é composta pelo perfil abaixo:

- Elevadores de carga;
- Empilhadeiras elétricas tri-laterais com guia mecânico;
- Empilhadeiras elétricas retráteis;
- Empilhadeiras elétricas tri-laterais com guias por indução magnética;
- Empilhadeiras elétricas pantográficas;
- Empilhadeiras a gás;
- Paleteiras hidráulicas;
- Transelevadores;
- Transpaletes elétricos duplos;
- Transpaletes elétricos simples;
- Rampas niveladoras.
- Totalizam-se 704 equipamentos de movimentação e armazenagem (M&A).

## 4.2. COMPOSIÇÃO DA FROTA DE CAMINHÕES

A organização estudada possui uma frota de caminhões diversificada em suas dependências em todo Brasil, atendendo todo o cenário nacional, sendo dividida a quantidade de frotas proporcionalmente para cada filial, conforme o volume de pedidos e vendas, resultando em um total de veículos conforme descrito abaixo:

**Tabela 7:** Relação da Frota (2012).

Fabricante	Tipo	Modelo	Total Geral
Iveco	VUC	Daily 45S14	62
		Daily 55C16	65
		Daily 70CE16	67
	Extra-Pesado	Eurocargo Cursor 450	6
		Stralis 450S38 4X2	91
		Stralis 570S38 6X2	21
	Semi-Pesado	Tector 170E22	431
		Vertis 130V19	123
	Leve	Vertis 90V18	77
	Pesado	Tector 230E24	40
Mercedes Benz	Semi-Pesado	MB 1718	30
	Leve	MB 915C	22
Volkswagen	Semi-Pesado	VW 15.180	21
	Leve	VW 9.150	44
<b>Total Geral</b>			<b>1.100</b>

Fonte: elaborada pelo autor

A empresa possui um plano de renovação de frota que determina o momento ideal para realizar a substituição. A idade média da frota para renovação é de 6 anos. Os principais fatores que determinam a renovação da frota são baseados no custo operacional que influencia, diretamente, o processo de distribuição dos produtos, comprometendo a margem de contribuição e também o efeito depreciação do bem (ativo).

### 4.3 COLETA DE DADOS E PARAMETRIZAÇÃO PARA SIMULAÇÃO DA LOGÍSTICA DE DISTRIBUIÇÃO

A metodologia utilizada na pesquisa de campo para coleta de dados consistiu na utilização do sistema de monitoramento e rastreamento da frota via satélite. Os dados foram transferidos para uma planilha com o objetivo de consolidar e tratar as informações.

Para iniciar o processo de simulação da logística de distribuição foi determinada a sequência das entregas, considerando a origem e destino o próprio centro de distribuição da empresa analisada. O centro de distribuição é alocado no distrito industrial de Uberlândia. Os clientes selecionados ficam na região central da cidade. Foram selecionados 09 locais (clientes varejo) para fazer a análise do comportamento da rota, com a aplicabilidade de 03 modelos de caminhões de cargas. A Tabela 8 apresenta a localização dos clientes selecionados para a simulação.

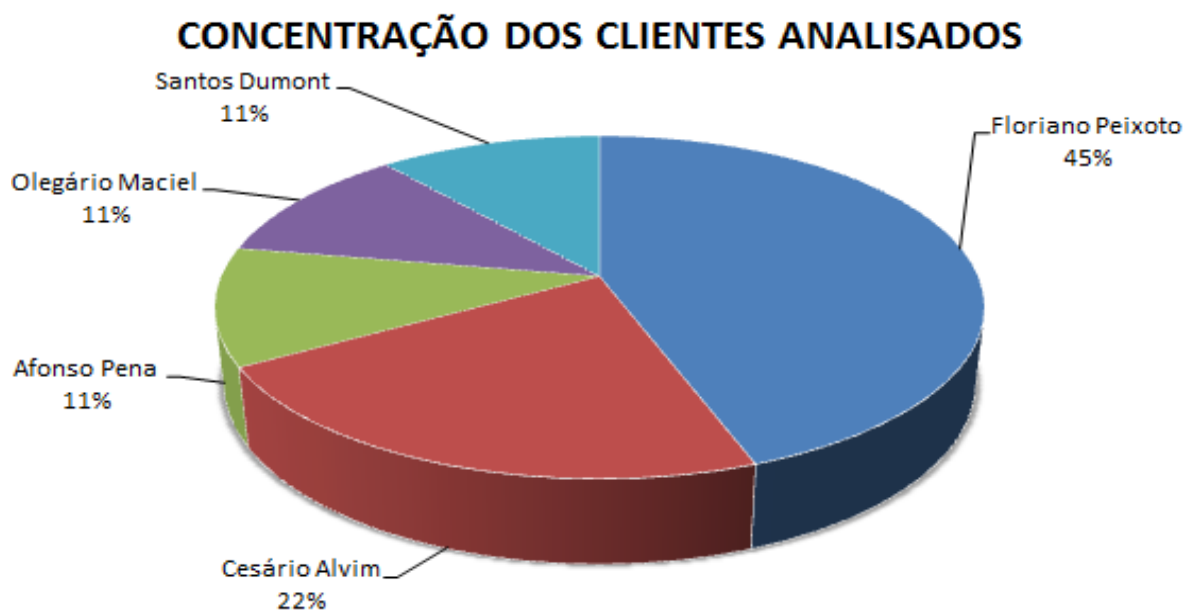
**Tabela 8:** Localização do CD e clientes.

Status da Operação	Endereço/Cliente	Bairro
Origem CD	Av. Jose Andraus Gassani, 4380	Industrial
1º Entrega	Av. Floriano Peixoto, 2735	Aparecida
2º Entrega	Av. Floriano Peixoto, 682	Centro
3º Entrega	Av. Floriano Peixoto, 488	Centro
4º Entrega	Av. Floriano Peixoto, 129	Centro
5º Entrega	R. Santos Dumont, 538	Centro
6º Entrega	R. Olegário Maciel, 522	Centro
7º Entrega	Av. Cesário Alvim, 309	Centro
8º Entrega	Av. Afonso Pena, 766	Centro
9º Entrega	Av. Cesário Alvim, 818	Centro
Destino CD	Av. Jose Andraus Gassani, 4380	Industrial

Fonte: elaborada pelo autor

O Gráfico 6 mostra a concentração dos clientes analisados na região central de Uberlândia. Percebe-se que a maior quantidade de paradas para realização das entregas é na Avenida Floriano Peixoto.

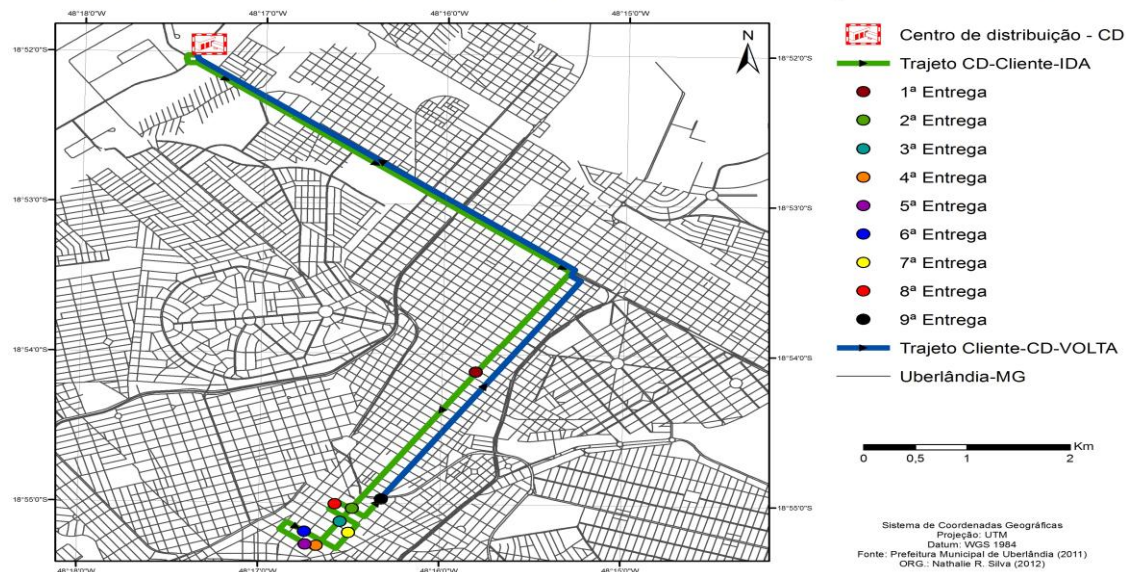




**Gráfico 6:** Concentração dos clientes analisados  
Fonte: elaborado pelo autor

A Figura 25 ilustra a rota analisada entre o centro de distribuição e a sequência de entregas para cada cliente. Nessa operação os clientes são denominados como os varejistas que atendem diretamente ao consumidor final.

### ROTA ANALISADA ENTRE CENTRO DE DISTRIBUIÇÃO E CLIENTES



**Figura 25:** Rota analisada entre o centro de distribuição e clientes.  
Fonte: elaborada pelo autor

Os 03 modelos de caminhões aplicados na logística de distribuição da rota analisada possuem as seguintes características:

Tabela 9: Dimensões dos caminhões utilizados.

Tipo	Largura Máxima (m)	Comprimento Máximo (m)	Capacidade (ton)
VUC	2,20	5,50	2,50
Leve	2,30	6,50	4,50
Semi-Pesado	2,62	12,00	8,00

Fonte: elaborada pelo autor

Percebe-se que o caminhão VUC apresenta uma dimensão inferior quando comparado aos demais tipos de caminhões. Todos os caminhões realizaram a mesma sequência de entregas, mantendo a mesma origem, porém, em dias diferentes. Os cenários analisados tinham o objetivo de identificar quais os principais gargalos existentes entre a operacionalização de cada de tipo de caminhão na logística de distribuição urbana. A Figura 26 apresenta um dos principais pontos críticos identificados nas operações de entregas. O caminhão VUC possui maior flexibilidade de estacionamento na região central devido ao seu perfil dimensional, enquanto os caminhões semi-pesado e leve apresentam maior dificuldade em função de exceder a limitação do estacionamento, comprometendo a fluidez do trânsito.

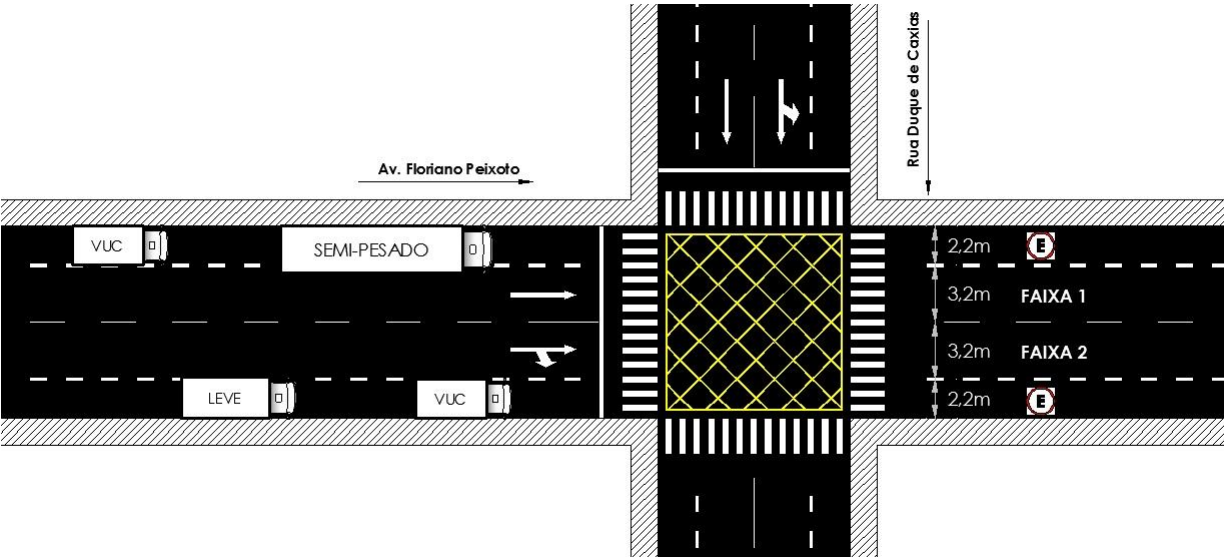


Figura 26: Croqui do cruzamento da Avenida Floriano Peixoto com Duque de Caxias.  
Fonte: elaborada pelo autor

As Tabelas 10, 11 e 12 apresentam os dados da demanda de cada cliente em kg, a quilometragem lida no odômetro e o percorrida no trecho, o tempo de deslocamento no percurso e o tempo de parada em cada cliente para descarregamento da carga, obtidos do sistema de monitoramento e rastreamento da empresa. A Tabela 10 mostra os dados do VUC para as entregas realizadas no dia 18 de setembro de 2012, a Tabela 11 mostra os dados do caminhão leve para as entregas do dia 09 de outubro de 2012 e a Tabela 11 mostra os dados do caminhão semi-pesado para as entregas do dia 30 de outubro de 2012. Esses dias foram na terça-feira e o atendimento para os mesmos clientes.

**Tabela 10:** Peso, Distâncias e Tempos de deslocamento do veículo VUC

Clientes	Lotes de carga (kg)	Quilometragem (km)		Tempo (min)		Total
		Lida no Odometro	Percorrida	Percurso	Atendimento do cliente	
Saída do CD	-	89.723,2	-	-	-	-
1º Entrega	372	89.731,3	8,12	00:17:18	0:37:12	0:54:30
2º Entrega	176	89.733,6	2,3	00:06:37	0:17:36	0:24:13
3º Entrega	173	89.733,9	0,27	00:01:21	0:17:18	0:18:39
4º Entrega	245	89.734,3	0,44	00:02:12	0:24:30	0:26:42
5º Entrega	127	89.734,6	0,25	00:01:18	0:12:42	0:14:00
6º Entrega	345	89.735,2	0,59	00:03:17	0:34:30	0:37:47
7º Entrega	315	89.735,9	0,69	00:03:49	0:31:30	0:35:19
8º Entrega	455	89.736,5	0,60	00:03:21	0:45:30	0:48:51
9º Entrega	298	89.737,1	0,65	00:03:41	0:29:48	0:33:29
Retorno ao CD	-	89.748,4	11,30	00:29:19	-	0:29:19

Fonte: elaborada pelo autor

VUC = Viagem realizada no dia 18/09/12 (Terça-feira)

A primeira viagem foi realizada com o veículo VUC para identificar o comportamento na logística de distribuição urbana, depois foi analisado o caminhão leve (3/4) e por último o semi-pesado (toco). A viagem com o VUC foi realizada no dia 18/09/12 (terça-feira), obtendo os seguintes dados consolidados:

- Carregamento total.....2.506 kg
- Quilometragem total percorrida.....25,21 km
- Tempo total de percurso.....01:12:13 h
- Tempo total de Parada nos clientes.....04:10:36 h
- Tempo Total desde a saída até o retorno ao CD.....05:22:49 h

**Tabela 11:** Peso, Distâncias e Tempos de deslocamento do Veículo Leve.

Clientes	Lotes de carga (kg)	Quilometragem (km)		Tempo (min)		Total
		Lida no Odometro	Percorrida	Percurso	Atendimento do cliente	
Saída do CD	-	114.041,7	-	-	-	-
1º Entrega	335	114.051,6	9,92	00:22:09	0:33:30	0:55:39
2º Entrega	192	114.054,7	3,1	00:13:41	0:19:12	0:32:53
3º Entrega	155	114.055,2	0,49	00:09:14	0:15:30	0:24:44
4º Entrega	295	114.055,7	0,51	00:06:07	0:29:30	0:35:37
5º Entrega	148	114.056,1	0,42	00:05:49	0:14:48	0:20:37
6º Entrega	365	114.056,9	0,78	00:12:56	0:36:30	0:49:26
7º Entrega	275	114.057,7	0,77	00:14:31	0:27:30	0:42:01
8º Entrega	425	114.058,4	0,74	00:12:17	0:42:30	0:54:47
9º Entrega	312	114.059,2	0,77	00:13:22	0:31:12	0:44:34
Retorno ao CD	-	114.071,1	11,90	00:33:34	-	0:33:34

Fonte: elaborada pelo autor

3/4 (Veículo Leve) = Viagem realizada no dia 09/10/12 (Terça-feira)

O segundo cenário foi analisado com a utilização do veículo leve (caminhão 3/4). A viagem com o veículo leve (caminhão 3/4) foi realizada no dia 09/10/12 (terça-feira), obtendo os seguintes dados consolidados:

- Carregamento total.....2.502 kg
- Quilometragem total percorrida.....29,41 km
- Tempo total de percurso.....02:23:40 h
- Tempo total de Parada nos clientes.....04:10:12 h
- Tempo Total desde a saída até o retorno ao CD.....06:33:52 h

**Tabela 12:** Peso, Distâncias e Tempos de deslocamento do Veículo Semi-pesado.

Clientes	Lotes de carga (kg)	Quilometragem (km)		Tempo (min)		Total
		Lida no Odometro	Percorrida	Percurso	Atendimento do cliente	
Saída do CD	-	35.876,18	-	-	-	-
1º Entrega	348	35.886,9	10,7	0:27:12	0:34:48	1:02:00
2º Entrega	212	35.890,6	3,7	0:21:08	0:21:12	0:42:20
3º Entrega	196	35.891,4	0,79	0:11:49	0:19:36	0:31:25
4º Entrega	255	35.892,2	0,82	0:14:21	0:25:30	0:39:51
5º Entrega	135	35.893,0	0,76	0:09:53	0:13:30	0:23:23
6º Entrega	357	35.893,9	0,96	0:18:52	0:35:42	0:54:34
7º Entrega	295	35.894,8	0,91	0:19:27	0:29:30	0:48:57
8º Entrega	415	35.895,8	0,99	0:22:14	0:41:30	1:03:44
9º Entrega	296	35.897,0	1,20	0:24:41	0:29:36	0:54:17
Retorno ao CD	-	35.908,8	11,77	0:32:23	-	0:32:23

Fonte: elaborada pelo autor

Toco (Semi-Pesado) = Viagem realizada no dia 30/10/12 (Terça-feira)

O último cenário foi analisado com a aplicação do veículo semi-pesado (toco). A viagem com o este veículo foi realizada no dia 30/10/12 (terça-feira), obtendo os seguintes dados consolidados:

- Carregamento total.....2.509 kg
- Quilometragem total percorrida.....32,62 km
- Tempo total de percurso.....03:22:00 h
- Tempo total de Parada nos clientes.....04:10:54 h
- Tempo Total desde a saída até o retorno ao CD.....07:32:54 h

Outro parâmetro importante e relevante para a consideração dos dados econômicos e operacionais foram os valores obtidos para se determinar os custos fixo e variável de cada tipo de veículo. A Tabela 13 destaca os principais dados de entrada para calcular os custos fixos e variáveis. As informações contidas na Tabela 13 foram extraídas da empresa analisada no caso de estudo.

**Tabela 13:** Dados de entrada para o cálculo do custo de transporte.

Dados de entrada		Tipo de veículos		
		VUC	Leve (Caminhão 3/4)	Semi-pesado (Caminhão toco)
Salário do motorista	R\$/ mês	1.700,00	1.700,00	1.700,00
Horas homem/ mês	h.h./mês	200	200	200
Encargos e benefícios do motorista	R\$/ mês	1.152,00	1.152,00	1.152,00
Taxa de oportunidade	% a.a.	12%	12%	12%
Custos administrativo	R\$/ mês	1.895,00	1.895,00	1.895,00
Consumo de combustível	Km/ litro	9	5,8	4
Intervalo entre troca de óleo	Km	20.000	20.000	20.000
Litros de óleo por troca	Litros	18	18	18
Número de pneus	-	6	6	6
Intervalo entre troca de pneu/ recapagem	Km	80.000	80.000	80.000
Número de recapagens	-	2	2	2
Custos de manutenção	R\$/ Km	0,20	0,21	0,23
Valor de aquisição do veículo	R\$	126.079,00	160.774,00	226.898,00
Vida útil do veículo	Meses	72	72	72
Valor residual do veículo	R\$	76.000,00	89.000,00	135.000,00
Preço do óleo	R\$/ litro	8,50	8,50	13,30
Preço do combustível	R\$/ litro	1,89	1,89	1,89
Preço do pneu	R\$	935,00	935,00	1.138,00
Preço da recapagem	R\$	298,00	298,00	319,00
IPVA/Seguro Obrigatório	R\$/ ano	5.043,16	6.430,96	9.075,92

Fonte: elaborada pelo próprio autor

A Tabela 14 apresenta o cenário de custo fixo dos 03 veículos analisado. Para determinar o cálculo dos custos fixos, foram utilizadas as informações da Tabela 13. Nota-se que o veículo VUC apresenta o menor custo fixo para a operacionalização.

**Tabela 14:** Dados de saída – Custos fixos e Administrativos

Dados de saída – Custo Fixo e Administrativo		Tipo de veículos		
		VUC	Leve (Caminhão 3/4)	Semi-pesado (Caminhão toco)
Depreciação	R\$/ mês	695,54	996,86	1.276,36
Remuneração de capital	R\$/ mês	1.196,34	1.525,55	2.152,99
Mão de obra	R\$/ mês	2.852,00	2.852,00	2.852,00
IPVA/Seguro Obrigatório	R\$/ mês	420,26	535,91	756,33
Custo Fixo	R\$/ mês	5.164,14	5.910,33	7.037,68
Custos administrativo	R\$/ mês	1.895,00	1.895,00	1.895,00
Custo fixo c/ custos administrativos	R\$/ mês	7.059,14	7.805,33	8.932,68

Fonte: elaborada pelo autor

Na Tabela 15 é apresentado o cálculo dos custos variáveis por km dos 03 veículos analisados. É notório perceber que o veículo VUC também se destaca com o menor custo variável para a operação.

**Tabela 15:** Dados de saída – Custos variáveis por km.

Dados de saída – Custos Variáveis		Tipo de veículos		
		VUC	Leve (Caminhão 3/4)	Semi-pesado (Caminhão toco)
Combustível	R\$/ Km	0,21	0,33	0,47
Óleo	R\$/ Km	0,01	0,01	0,01
Pneu	R\$/ Km	0,04	0,04	0,04
Manutenção	R\$/ Km	0,20	0,21	0,23
Custo variável	R\$/ Km	0,46	0,58	0,76

Fonte: elaborada pelo autor

Diante dos cenários analisados e considerando o fator tempo total de viagem como também os custos fixos e variáveis, o veículo ideal para realizar a distribuição de cargas nas regiões centrais das grandes cidades é o VUC, pois agrega vantagem competitiva em relação à agilidade nas entregas e proporciona maior desempenho operacional e financeiro.

#### 4.4 SIMULAÇÃO UTILIZANDO O SOFTWARE TransCAD

O TransCAD é um *software* de simulação que utiliza a base de informações geográficas para a configuração do sistema de transportes. Os dados geográficos podem ser importados de mapas criados no AutoCAD em extensões dwg, sendo posteriormente convertidos para extensões dxf.

Ao carregar o mapa no TransCAD deve-se também prepará-lo para a sua utilização no próprio programa. Para isso, selecionam-se as opções de *All layers*, escolhendo todos os *layers* apresentados no Mapa e é dado um nome (no caso, criando um *layer* de linha inicialmente). Em seguida, configurou-se o sistema de coordenadas para a região local. Nesse caso foi selecionado *Universal Transverse Mercator* (UTM). Na opção *Zone*, selecionou-se UTM 22; Longitudes “54W to 48W”, característico do local onde foi realizado o estudo de caso. No *Elipsoid*, selecionou-se GRS 1980. Na opção, *Unit Conversion – Interpret* selecionou-se *Meters* e ajustou-se à opção *Adjust for southern hemisphere*.

Além do mapa é necessário criar o *layer* de rede, ou *Network*. O *Network* é usado pelo TransCAD para encontrar rotas, calcular distâncias e calcular tempos de viagens, além de apoiar outras análises e aplicações de modelos. O *Network* está vinculado a um *layer* de linha e é associado a uma camada de *Endpoints* (*layer* criado automaticamente pelo programa quando um *layer* de linha é criado).

De acordo com Carrara (2007), estruturas de dados dos *Networks* são otimizados para armazenar eficientemente e processar rapidamente algoritmos de maneira que se encontre o melhor caminho, identifique o mínimo custo do modelo e o desempenho do tráfego. Tanto o mapa quanto a rede contêm, em sua base de dados, todas as vias, sentidos e velocidades máximas regulamentares na rede viária da cidade de Uberlândia – MG. Assim, esse arquivo foi utilizado no *software* TransCAD para a modelagem e simulação das entregas em uma rota com o uso dos 03 modelos de caminhões, considerando como origem e destino, o centro de distribuição.

Em seguida, uma base de dados de pontos, ou *layer* de pontos foi configurada posicionando-se exatamente o armazém e entregas em suas devidas localizações, que nesse



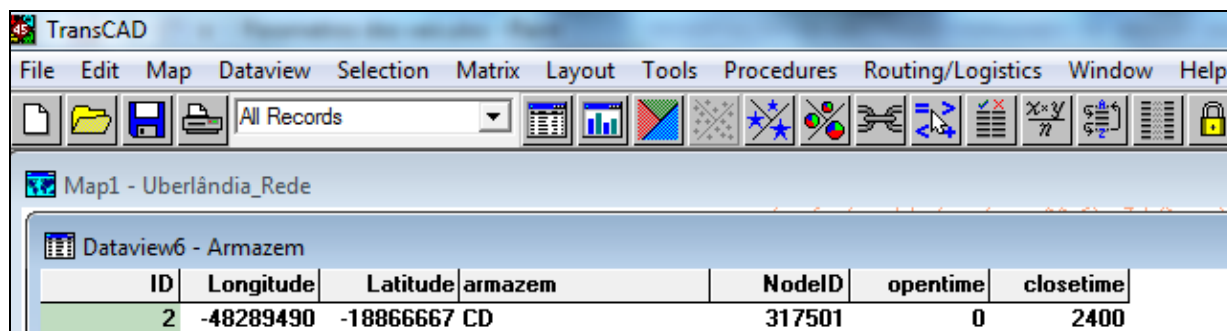
caso é o centro de distribuição e a relação de clientes. Trata-se de 09 pontos de entregas e 01 ponto referente ao centro de distribuição, portanto, totalizando 10 pontos no mapa. Nessa mesma base de dados de pontos, criaram-se os seguintes campos:

- Centro de Distribuição;
  - *Open Time*: horário de abertura do estabelecimento;
  - *Close Time*: horário de fechamento do estabelecimento;
  - *Node\_Id*: ponto mais próximo no *layer end\_point*;
- Entregas;
  - Demanda: demanda em kg de cada ponto de entrega;
  - *Open Time*: horário de abertura do estabelecimento;
  - *Close Time*: horário de fechamento do estabelecimento;
  - *Node\_Id*: ponto mais próximo no *layer end\_point*;
  - Nome: identificador textual do estabelecimento.

Uma das etapas importantes para referenciar a localização do ponto específico da entrega é o apontamento do *NodeID*. Essa parametrização ocorre após a escolha do ponto no mapa. Logo, foi selecionada a opção *New Endpoint Layer* e, em seguida, o ícone *Info*, sendo necessário clicar sobre o ponto e obter as informações do *ID*. Na sequência, basta incluir no *Dataview* – Entregas no campo *NodeID*. A Figura 27 ilustra os principais campos do *Dataview* – Entregas. Nesses campos, são lançados os pontos de entregas (sequência), a referência do *NodeID* e peso de entrega para cada cliente (*demand*).

**Figura 27:** Dataview de Entregas gerado pelo TransCAD  
Fonte: elaborada pelo próprio autor

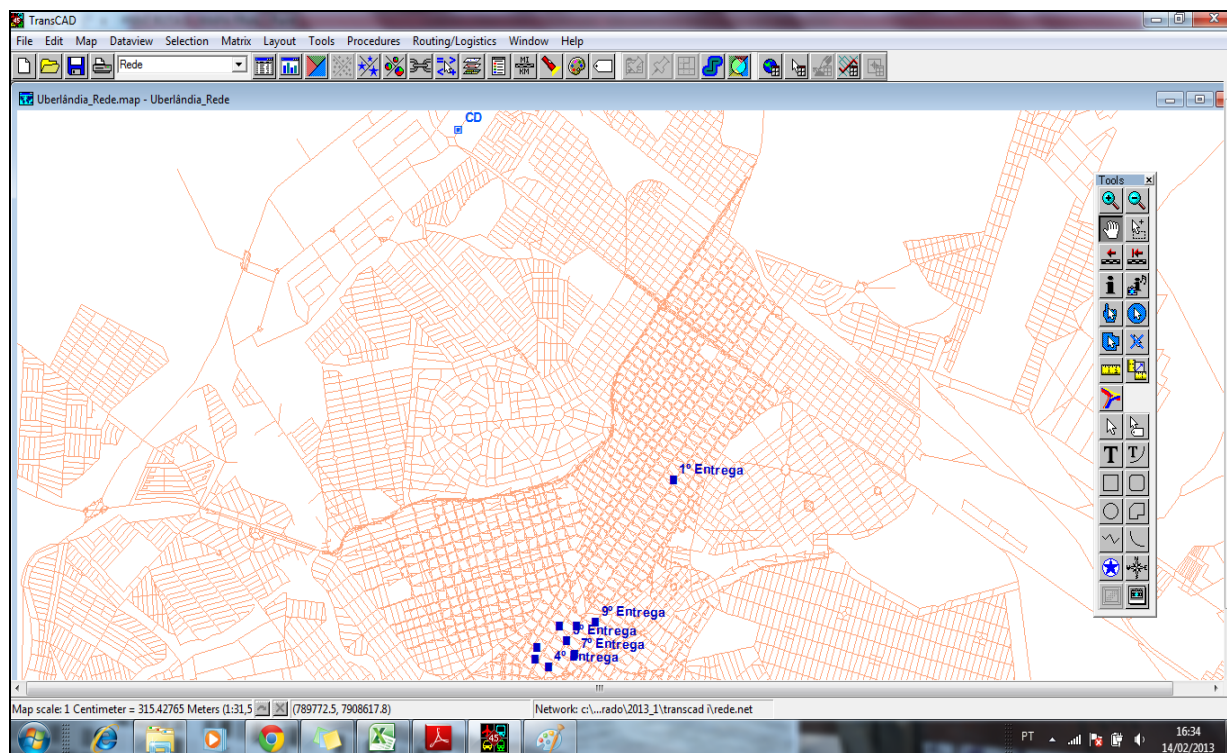
A Figura 28 mostra o *dataview* do armazém com o apontamento que referencia o NodeID. A rotina para obter o sequenciamento dos parâmetros é similar ao *Dataview-Entregas*, porém não contempla o fator demanda.



ID	Longitude	Latitude	armazen	NodeID	opentime	closetime
2	-48289490	-18866667	CD	317501	0	2400

**Figura 28:** Dataview do Armazém gerado pelo TransCAD  
Fonte: elaborada pelo autor

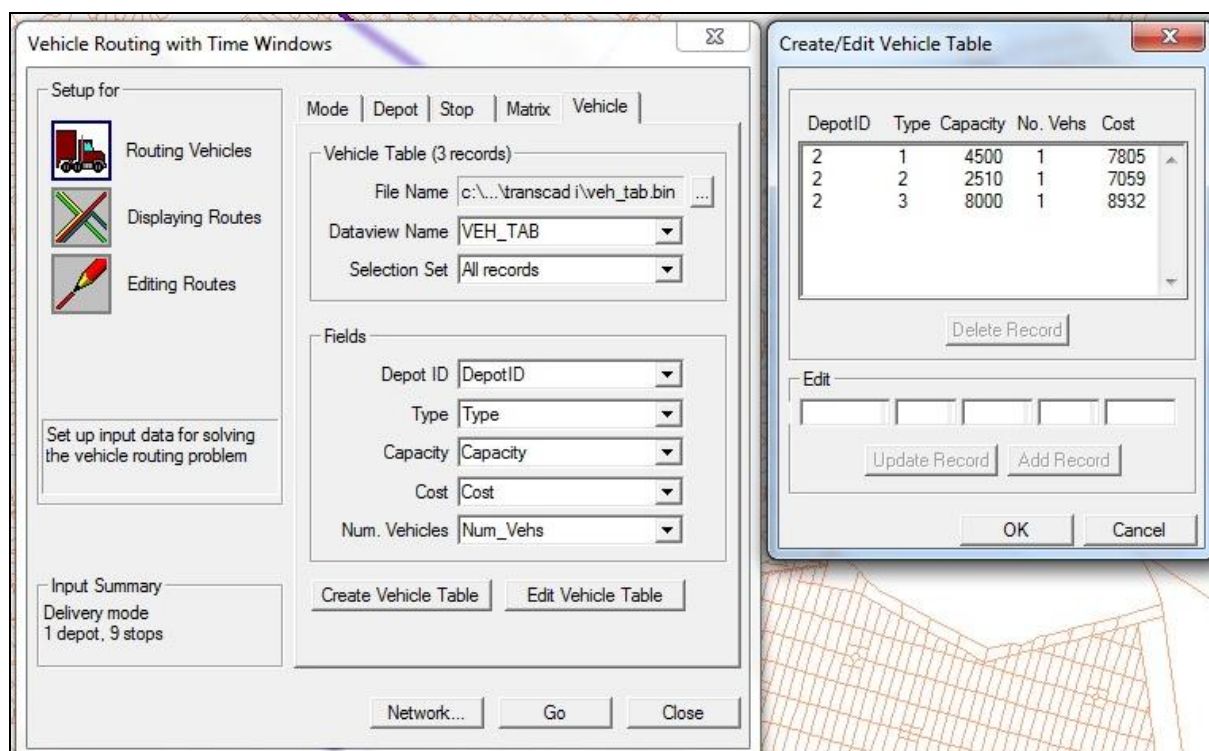
Assim, um *workspace* do TransCAD ficou pronto para ser utilizado dentro do TransCAD, para criar um Modelo Computacional que avalia a aplicabilidade de 03 tipos de caminhões (VUC, Leve e Semi-pesado), considerando a origem no centro de distribuição e destinos os pontos de entrega. Este *workspace* pode ser visto na Figura 29:



**Figura 29:** Tela da TransCAD com os pontos de entrega e armazém  
Fonte: elaborada pelo autor

A ferramenta de otimização/simulação do TransCAD, utilizada para cumprir este objetivo, é a caixa *Vehicle Routing* do grupo *Routing/Logistics* e *Vehicle Routing*. As capacidades e custos fixos dos veículos bem como as demandas dos pontos de entrega foram baseados na pesquisa realizada em campo e apresentada anteriormente entre as páginas 79 e 81.

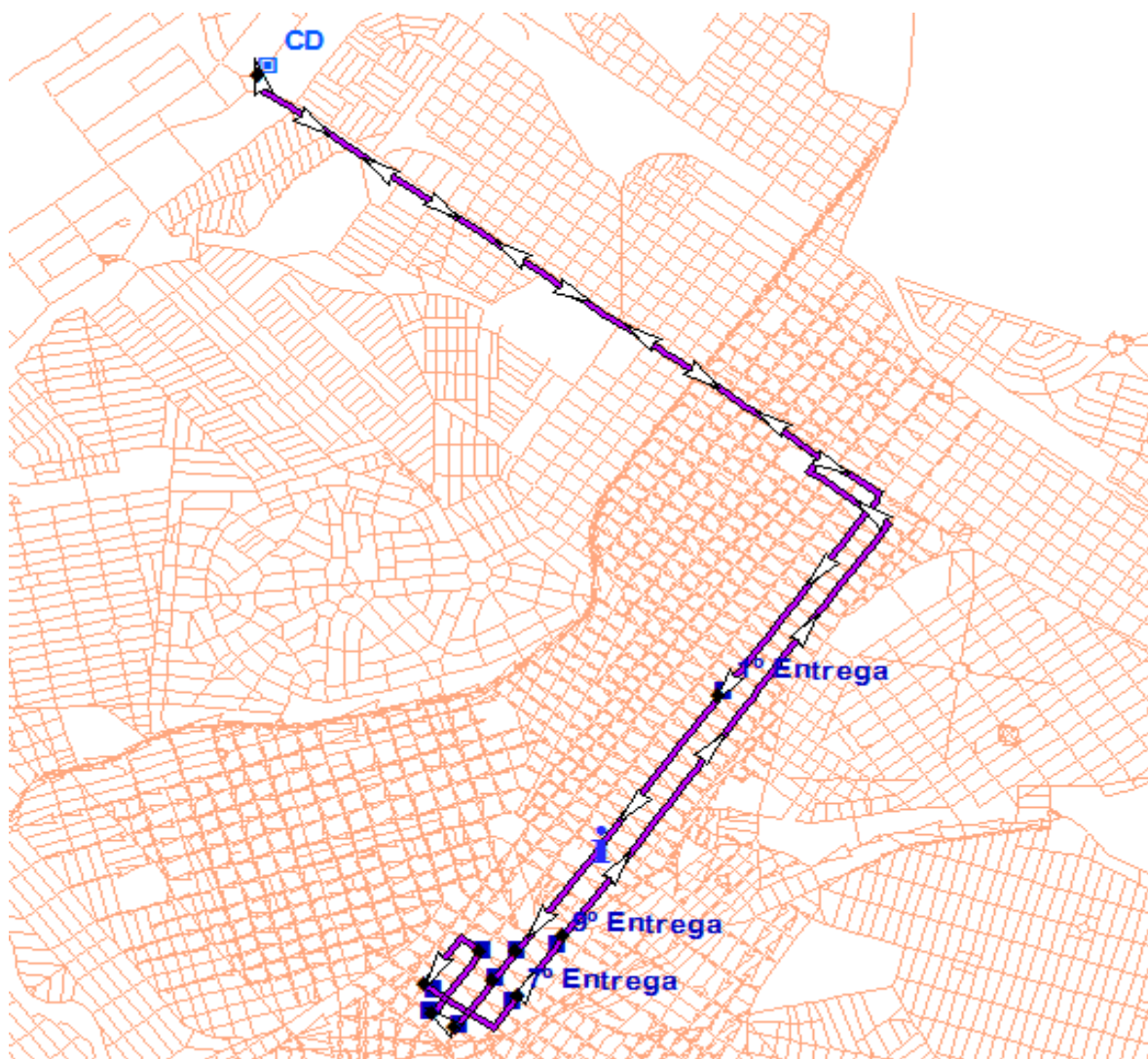
Para configurar a ferramenta *Vehicle Routing* são necessários preencher 5 abas de dados: *Mode (delivery)*, *Depot (layer* armazem), *Stop (layer* entregas), *Matrix* e *Veículos*. As duas últimas abas são descritas a seguir:



**Figura 30:** Abas de dados da ferramenta *Vehicle Routing*  
Fonte: elaborada pelo autor

A Figura 30 apresenta, além da tela da ferramenta, a aba onde são parametrizados os tipos de veículos conforme a capacidade de carga líquida e custo. No parâmetro *cost*, foi considerado o custo fixo de cada veículo. O veículo tipo 1 é referente ao leve (3/4), o tipo 2 refere-se ao VUC e o tipo 3 ao semi-pesado (toco). Para determinar os parâmetros dos veículos, basta apenas clicar no ícone *Create Vehicle Table*. Logo, será aberta a tabela para lançamento dos dados desejados. Os dados referentes à capacidade (*capacity*) foram lançados conforme constam na Tabela 9 (Dimensões dos caminhões utilizados) e com relação aos custos (*cost*) conforme Tabela 14 (Dados de saída– Custos fixos e administrativos).

Na aba de dados Matrix foi gerada a matriz que minimiza o tempo das entregas. Na Figura 31 é ilustrada a rota gerada pelo TransCAD após executar a rotina *Vehicle Routing*.



**Figura 31:** Tela da rota criada pelo TransCAD  
Fonte: elaborada pelo autor

Essa rota obtido no TransCAD é semelhante a que foi realizada pela empresa, que opta por fazer um percurso mais direto porém um pouco mais longo. É possível perceber que o *software* TransCAD otimizou a rota (simulação), quando é considerado os parâmetros de tempos de percurso, apontamento da demanda (capacidade) e também a janela de tempo.

#### 4.5 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A discussão dos dados obtidos nas simulações inicia-se com a apresentação do relatório *Itinerary Report* que apresenta os resultados obtidos após parametrização no TransCAD. Percebe-se que o *software* TransCAD viabilizou a utilização do veículo tipo 2 (VUC) para a realização das 09 entregas na região central da cidade de Uberlândia. É possível perceber, no relatório, que o sistema otimizou a rota em relação à viagem realizada. Todos os veículos (tipo 1, 2 e 3) fizeram a mesma rota, porém apresentando maior km percorrido quando comparado à rota otimizada pelo TransCAD. O veículo tipo 1 (Leve ou 3/4) percorreu 29,41 km, o veículo tipo 2 (VUC) percorreu 25,21 km e o veículo tipo 3 (semi-pesado ou toco) percorreu 32,62 km. Portanto, conforme o relatório extraído do sistema TransCAD, o mesmo viabilizou a utilização do veículo tipo 2 (VUC) com a rota otimizada gerando 18, 67 Km.

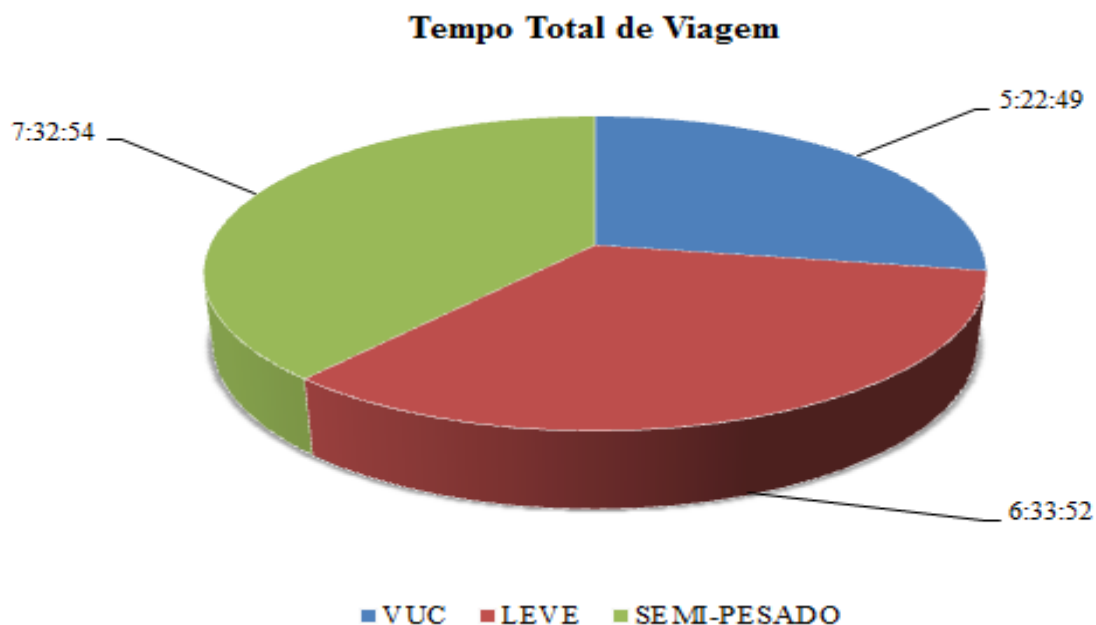
##### Itinerary Report

Route # : 1	Tot Time: 0:19	Capacity : 2510.0
Veh. Type: 2	Tot Dist: 18674.7	Depart Load: 2506.0

No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Delivery
-----				
	2	0:00am		
1	7	0:06am- 0:06am	5999.7	372.0
2	10	0:09am- 0:09am	2621.6	245.0
3	11	0:09am- 0:09am	165.7	127.0
4	12	0:10am- 0:10am	467.8	345.0
5	14	0:11am- 0:11am	506.1	455.0
6	8	0:11am- 0:11am	292.2	176.0
7	9	0:11am- 0:11am	236.0	173.0
8	13	0:12am- 0:12am	170.9	315.0
9	15	0:12am- 0:12am	477.9	298.0
END	2	0:19am	7736.4	
Total			18674.7	2506.0
			-----	

De acordo com o Gráfico 7 o menor tempo total de viagem foi realizado com o veículo VUC com tempo de 5:22:49, em seguida o veículo leve (3/4) apresentou um tempo intermediário de 6:33:52 e o veículo semi-pesado (toco) com maior tempo total de viagem

de 7:32:54. Trata-se de um fator estratégico apontar a escolha do veículo VUC para realizar as operações de entregas em função do tempo total de viagem. Escolhendo o veículo VUC é possível realizar 02 ciclos de viagens diariamente, atendendo os processos logísticos e comerciais da empresa.

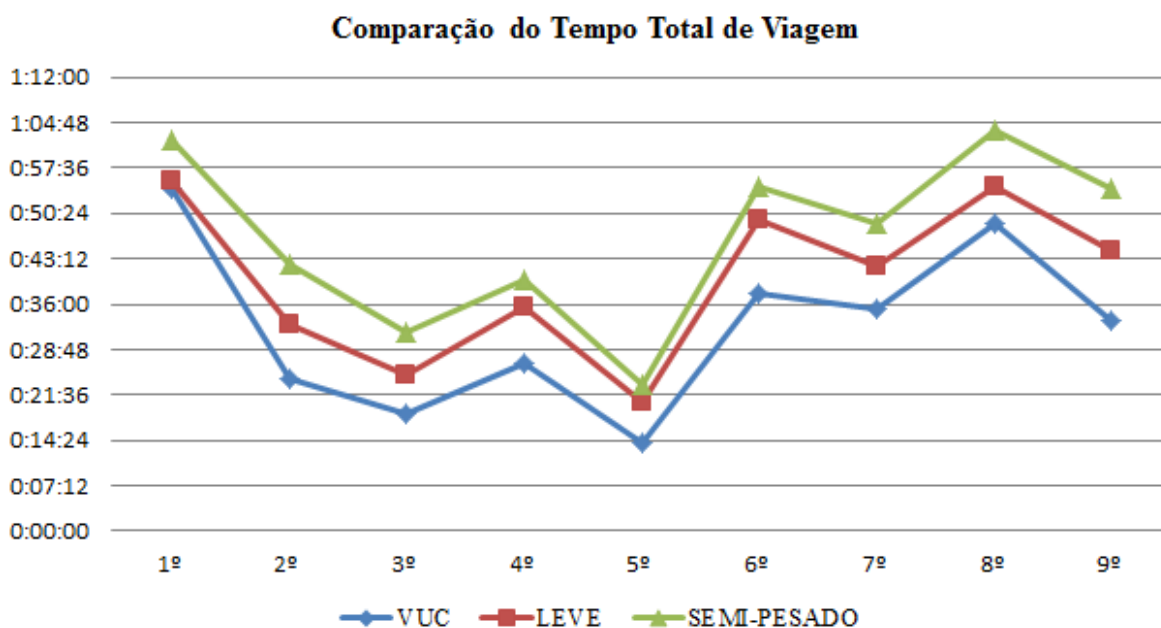


**Gráfico 7:** Tempo total de viagem dos veículos

Fonte: elaborado pelo autor

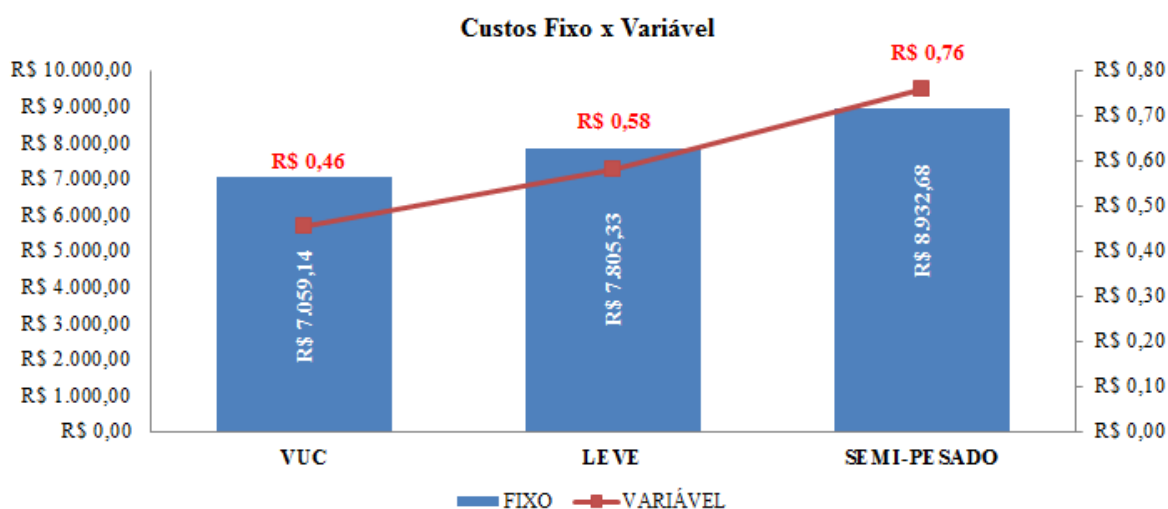
No Gráfico 8, foi possível apresentar o comportamento do tempo total de viagem dos 03 veículos. Percebe-se que em todas as entregas o veículo VUC destacou-se com o menor tempo de viagem. O veículo VUC obteve um tempo total de viagem menor na ordem de 22,01% quando comparado ao veículo leve (3/4) e 40,30% quando comparado ao veículo semi-pesado (toco).





**Gráfico 8:** Comparação do tempo total de viagem dos veículos  
Fonte: elaborado pelo autor

Outras análises importantes foram as apurações dos custos fixo e variável dos 03 veículos analisados. De acordo com o Gráfico 9, o veículo VUC apresentou um custo fixo de R\$ 7.059,14 e custo variável de R\$ 0,46 por km rodado. Já o veículo leve (3/4) apresentou um custo fixo de R\$ 7.805,33 e custo variável de R\$ 0,58 por km rodado. E, por último, o veículo semi-pesado (toco) destacou-se com o maior custo fixo de R\$ 8.932,68 e custo variável de R\$ 0,76 por km rodado.



**Gráfico 9:** Análise de custo dos caminhões  
Fonte: elaborado pelo autor

Foi realizada a comparação dos custos fixos dos veículos, sendo possível concluir que o VUC apresenta um custo fixo menor de 10,57% quando comparado ao veículo leve (3/4) e 26,54% quando comparado ao veículo semi-pesado (toco). Também foi possível obter a variação dos custos variáveis dos veículos. O VUC destacou-se com o menor custo variável ao ser analisado com os demais. Com relação ao veículo leve (3/4), o VUC apresentou um menor custo variável de 27,61% e, quando comparado ao veículo semi-pesado (toco), a redução é de 66,45%.

Também foram utilizadas informações de uma viagem realizada no dia 22/11/12 com um veículo leve (3/4) na região do bairro Santa Monica, com o objetivo de comparar a aplicabilidade do veículo VUC. Os dados da tabela 16 foram extraídos do sistema de monitoramento da empresa estudada.

**Tabela 16:** Peso, Distâncias e Tempos de deslocamento do Veículo Leve no bairro Santa Mônica.

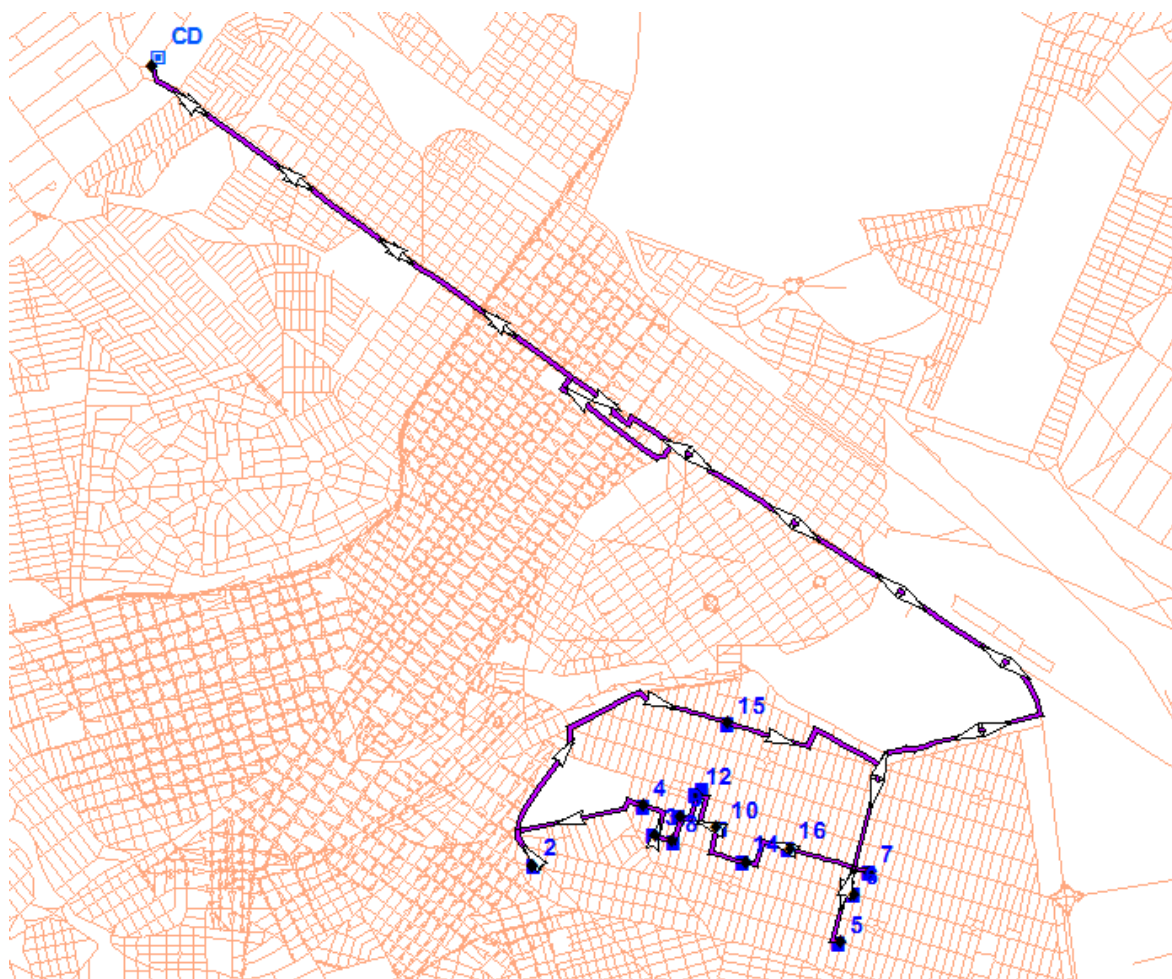
Clientes	Lotes de carga (kg)	Quilometragem (km)		Tempo (min)		
		Lida no Odometro	Percorrida	Percurso	Atendimento do cliente	Total
Saída do CD	-	52345,1	-	-	-	-
1º Entrega	212	52.357,0	11,90	0:23:11	0:22:06	0:45:17
2º Entrega	297	52.357,7	0,65	0:07:12	0:29:42	0:36:54
3º Entrega	187	52.359,3	1,60	0:16:11	0:18:42	0:34:53
4º Entrega	196	52.360,2	0,93	0:13:09	0:19:36	0:32:45
5º Entrega	265	52.360,5	0,30	0:05:09	0:26:30	0:31:39
6º Entrega	192	52.361,2	0,76	0:12:09	0:19:12	0:31:21
7º Entrega	345	52.361,9	0,70	0:10:11	0:34:30	0:44:41
8º Entrega	365	52.362,3	0,38	0:07:41	0:36:30	0:44:11
9º Entrega	335	52.362,6	0,33	0:06:02	0:33:30	0:39:32
10º Entrega	245	52.363,1	0,47	0:09:11	0:24:30	0:33:41
11º Entrega	255	52.363,3	0,21	0:05:13	0:25:30	0:30:43
12º Entrega	290	52.364,0	0,68	0:15:41	0:29:00	0:44:41
13º Entrega	375	52.364,8	0,83	0:17:06	0:37:30	0:54:36
14º Entrega	432	52.366,2	1,40	0:19:39	0:43:12	1:02:51
15º Entrega	155	52.368,3	2,10	0:17:13	0:15:30	0:32:43
16º Entrega	341	52.368,7	0,38	0:06:07	0:34:06	0:40:13
Retorno ao CD	-	52.382,5	13,80	0:31:12	-	0:31:12

Fonte: elaborada pelo próprio autor

Veículo Leve (3/4) = Viagem realizada no dia 22/11/12 (Quinta-feira)



Após o apontamento das informações no sistema TranCAD, foi gerado a rota abaixo conforme a figura 32.



**Figura 32:** Tela da rota criada pelo TransCAD no bairro Santa Mônica  
Fonte: elaborada pelo autor

Foram considerados os mesmos dados de custos fixos e variáveis conforme constam nas tabelas 14 e 15 da página 81. Também foi considerado o mesmo perfil de capacidade de carga de acordo com a tabela 9 na página 76.

Após realizar a aplicação do veículo VUC (simulação/modelagem) na rota realizada pelo veículo leve (3/4) no sistema TransCAD, foram obtidos as seguintes informações, após analisar os 02 tipos de veículos:

Tot Time: 11:38	Capacity : 4500.0	Veh. Type: 1
Tot Time: 6:33	Capacity : 2510.0	Veh. Type: 2

O veículo Type: 1 foi parametrizado no sistema TransCAD como veículo leve (3/4) e o veículo Type: 2 como VUC. Foi utilizado 02 parâmetros no sistema para identificar qual seria a escolha do tipo de veículo pelo TransCAD. O primeiro parâmetro tinha o objetivo de identificar a escolha do veículo sem considerar a janela de tempo de viagem e o sistema TransCAD selecionou o veículo Type: 1, gerando tempo total de viagem de 11:38 horas. No segundo cenário foi habilitado a opção de janelas de tempo das 07:00 às 12:00 hs e das 14:00 às 18:00 hs, ou seja intervalo operacional de 9:00 hs por dia e o sistema TransCAD selecionou o veículo Type: 2, demandando 02 veículos VUC para fazer a logística de distribuição, conforme tabela 16 na página 90. Na viagem considerando o veículo VUC o sistema gerou ciclos de viagens igual a 06:33 hs. Portanto conclui-se que a modelagem através do TransCAD deste tipo de problema pode ser utilizada para escolher o melhor veículo e a melhor rota de forma a otimizar o custo e o tempo de viagem considerando janelas de tempo nas operações de entregas. Não foi feito a análise de atendimento dos clientes usando o TransCAD com o caminhão semi-pesado (toco) porque esse veículo está sendo empregado somente em rotas interurbanas.

# CAPÍTULO 5

## CONCLUSÕES

No final de todo esse desenvolvimento, tem-se o resultado de que o *software* TransCAD é uma ferramenta sólida para descrição e simulação de qualquer processo envolvendo a área de logística urbana de cargas.

O TransCAD é um *software* preciso para definição de rotas, mostrando a rota ótima, os custos mínimos para atender uma demanda necessária, seja de entrega ou coleta. Nesse estudo de caso, envolvendo uma empresa de logística de distribuição, foi analisado o comportamento de 03 tipos de veículos de cargas para determinar o melhor perfil no processo de distribuição de cargas na região central. Sendo assim, o TransCAD foi utilizado a fim de avaliar o perfil do veículo ideal para realizar a distribuição de cargas na região central da cidade de Uberlândia. Assim, o veículo VUC foi identificado como ideal para ser aplicado nas operações de logística urbana de cargas na região central da cidade de Uberlândia.

Pode-se concluir que o uso do *software* TransCAD permitiu uma análise mais precisa e confiável dentro do conceito de distribuição de cargas, verificando-se o comportamento de 03 veículos com perfil diferente (capacidade de carga), como também opções para otimizar a melhor rota do ponto de vista da logística urbana de cargas.

Fica, também, evidenciado que os principais impactos econômicos e operacionais da aplicabilidade de veículos maiores (caminhões com capacidade acima de 2.500 quilos) nas regiões centrais das grandes cidades são percebidos em congestionamento, transtorno provocado pela obstrução da via, nível do tráfego (pois interfere no progresso do fluxo causando atrasos), estacionamento longe do local de destino, diminuindo, assim, sua

produtividade, tempos perdidos e desperdício de energia. Outro ponto relevante é o impacto ambiental, pois acaba gerando um nível maior de emissão de gases que causam o efeito estufa.

Sendo assim, pode-se concluir que se obteve sucesso na utilização do *software* TransCAD para modelar e simular o processo da logística urbana de cargas com os 03 caminhões, pois todas as etapas foram devidamente caracterizadas, seus dados coletados e conferidos e o comportamento dos 03 veículos analisado, modelado e simulado em sua melhor situação, mostrando, dessa forma, que o uso do *software* de simulação é de suma importância para qualquer modelagem e simulação envolvendo logística e transportes, além do que a logística está aplicada a qualquer situação que envolva depósitos, paradas, entregas, coletas, rotas e frotas determinadas.

## REFERÊNCIAS

ALVARENGA, Antônio C. e NOVAES, Antônio Galvão N. *Logística aplicada*. 3.Ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2000.

ANTT: *Associação Nacional dos Transportes Terrestres*. Consulta geral a homepage oficial. Disponível em: < <http://www.antt.gov.br> > Acesso em: 22 ago. 2012.

BALLOU, R.H. *Logística empresarial: transporte, administração de materiais e distribuição física*. São Paulo: Atlas, 1993.

BALLOU, R. H. *Gerenciamento da cadeia de suprimentos: planejamento, organização e logística empresarial*. 4ª ed. Porto Alegre: Bookmann, 2001.

BALLOU, R. H. *Gerenciamento da cadeia de suprimentos/logística empresarial*. Porto Alegre, 2006.

BALLOU, R. H.; *The evolution and future of logistics and supply chain management*. IN: European Business Review, v.16, n.4, 2007. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1108/09555340710760152> Acesso em: 26 ago. 2012.

BANKS, J. & CARSON, J. S., (2004). *Discret Event System Simulation*, Prentice-Hall.

BERTAGLIA, Paulo Roberto. *Logística e gerenciamento da cadeia de abastecimento*. São Paulo: Saraiva, 2009.

BOWERSOX, D. J.; CLOSS, David J. *Logística empresarial: o processo de integração da cadeia de suprimento*. São Paulo: Atlas, 2001.

BOWERSOX, D. J.; CLOSS, D. J.; COOPER, M. B. *Gestão logística de cadeias de suprimentos*. Porto Alegre: Bookman, 2006.

BOWERSOX, D. J. *Logística empresarial o processo de integração da cadeia de suprimentos*. São Paulo: Atlas, 2007.

BOWERSOX, D. J.; CLOSS, David J. *Logística Empresarial: o processo de integração da cadeia de suprimento*. São Paulo: Atlas, 2009.

CAIXETA-FILHO, João V. MARTINS, Ricardo S (Org). *Gestão logística do transporte de cargas*. São Paulo. Ed. Atlas. 2012.

CALIPER. *Routing and Logistics with TransCAD*. Caliper Corporation, USA: Newton, 2006.

CÂMARA, G.; SOUZA, R.; FREITAS, U.; GARRIDO, J. SPRING: *Integrating Remote Sensing and GIS with Object-Oriented Data Modelling*. Computers and Graphics, v. 15, n.6, p. 13-22, 1996.

CARRARA, C. M. *Uma aplicação do SIG para a localização e a alocação de terminais logísticos em áreas urbanas congestionadas*. Dissertação de Mestrado do Programa de Pós Graduação em Engenharia de Transportes. Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.

CETSP. *Companhia de Engenharia de Tráfego de São Paulo*. Consulta geral a homepage oficial. Disponível em: <http://www.cetsp.com.br/consultas/caminhoes/locais-com-restricao-ao-caminhao/zona-de-maxima-restricao-de-circulacao-zmrc.aspx> > Acesso em: 16 out. 2012.

CHOPRA, S.; MEINDL, P. *Gerenciamento da cadeia de suprimentos: estratégia, planejamento e operação*. São Paulo, Editora Prentice Hall, 2003.

CHRISTOPHER, Martin. *Logística e Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos: estratégias para redução dos custos e melhoria dos serviços*. Ed: Pioneira. São Paulo, 1997.

CHWIF, L., MEDINA, A. C. *Modelagem e Simulação de Eventos Discretos: Teoria e Aplicações*. 2º ed, São Paulo, Editora Bravarte, 2007.

CHWIF, Leonardo. *Redução de modelos de simulação de eventos discretos na sua concepção: uma abordagem causal*. Tese de Doutorado. Escola Politécnica da USP. Departamento de Engenharia Mecânica, 1999.

CLM (2001) Definition for Logistic: *Council of Logistics Management*. Disponível em: [www.clm1.org](http://www.clm1.org). OakBrook, 2001.

CRAINIC, T. G.; RICCIARDI, N.; STORCHI, G. (2004) *Advanced freight transportation systems for congested urban areas*. Disponível em: [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com). Transportation Research Part C 12 (2004) 119 – 137. Acesso em: ago. 2012.

CUNHA, C. B. da (2000) *Aspectos Práticos da Aplicação de Modelos de Roteirização de veículos a Problemas Reais*. Disponível em: [www.ptr.usp.br/docentes/cbcunha/files/roteirizacao\\_aspectos\\_praticos\\_CBC.pdf](http://www.ptr.usp.br/docentes/cbcunha/files/roteirizacao_aspectos_praticos_CBC.pdf). Acesso em: 18 set. 2012.

FLEURY, P. F; LAVALLE da SILVA, C. R. *Avaliação da Organização Logística em Empresas da Cadeia de Suprimento de Alimentos - indústria e comércio* In: FLEURY, F.; WANKE, P.; FIGUEIREDO, K.F. *Logística Empresarial: a perspectiva brasileira*. São Paulo: Atlas, 2000. 372 p.

FREITAS FILHO, P. J. *Introdução à Modelagem e Simulação de Sistemas com Aplicações em ARENA*, 1 ed, São Paulo, Visual Books, 2001.

FRETTA.LOG. Consulta geral a página oficial. Disponível em: < [http://www.prefeitura.sp.gov.br/portal/a\\_cidade/noticias](http://www.prefeitura.sp.gov.br/portal/a_cidade/noticias)> Acesso em: 15 out. 2012.

GALVÃO, L. C. (2003) *Dimensionamento de Sistemas de Distribuição através do Diagrama Multiplicativo de Voronoi com Pesos*. Tese de Doutorado. UFSC, Florianópolis, S.C., Brasil.

GILLET, B.E. & MILLER, L.R.: *A heuristic algorithm for the vehicle dispatch problem*. Operations Research, Vol. 22, p. 341-349, 1974.

GUNASEKARAN, A.; PATEL, C.; TIRTIROGLU, E. (2001). *Performance measures and metrics in a supply chain environment*. International Journal of Operations & Productions Management, v.21, n.1/2, p. 71-87.

HARREL, C.R.; GHOSH, B.K.; BOWDEN, R. *Simulation using Promodel*. McGraw-Hill, 2000.

HERNANDEZ-Matias, J.C.; Vizan, A.; Perez-Garcia, J.; Rios, J. (2008), *An integrated modeling framework to support manufacturing system diagnosis for continuous improvement*, Robotics and Computer-integrated manufacturing, 24, 2, 187-199.

ILOS: Instituto de Logística e Supply Chain. *Custos Logísticos no Brasil*. Rio de Janeiro 2012. Disponível em: <<http://www.ilos.com.br>>. Acesso em: 14 out. 2012

ILOS: Instituto de Logística e Supply Chain. *Distribuição Urbana e os Efeitos da Restrição de Circulação nas Grandes Cidades*. Rio de Janeiro 2012. Disponível em: <<http://www.ilos.com.br>>. Acesso em: 04 fev. 2013

KEEBLER, J. S.; MANRODT, K. B.; DURTSCHKE, D. A.; LEDYARD, D. M. *Keeping Score: Measuring the Business Value of Logistics in the Supply Chain*. Oak Brook: Council of Logistics Management, 1999.

KELTON, W. D., SADOWSKI, R. P., SADOWSKI, D. A., 2004, *Simulation with ARENA*. 3 Ed, New York, McGraw-Hill Companies Inc.

LACERDA, L. *Logística reversa: uma visão sobre os conceitos básicos e as práticas operacionais*. In: FIGUEIREDO, K. F.; FLEURY, P. F.; WANKE, P. (Orgs.). *Logística e gerenciamento da cadeia de suprimentos: planejamento do fluxo de produtos e dos recursos*. São Paulo: Atlas, 2003, p. 475-483.

LAVALLE, C. (2003). *Pesquisa benchmark – serviço ao cliente* (1994; 1995; 1998; 1999; 2000; 2001; 2002). Centro de Estudos em Logística. Recuperado em fevereiro, 2004, de [http://www.cel.coppead.ufrj.br/new/pesquisa\\_benchmark.pdf](http://www.cel.coppead.ufrj.br/new/pesquisa_benchmark.pdf) Acesso em: 29 out. 2012

LAW, A.M. *How to build valid and credible simulation models*. In: *Proceedings of the Winter Simulation Conference*, Monterey, CA, USA, 2006.

LIMA, Mauricio. *Armazenagem: considerações sobre a atividade de picking* (2002). Instituto de Logística e Supply Chain. Disponível em: <<http://www.ilos.com.br>>. Acesso em: 22 set. 2012

MARTINS, E. *Contabilidade de Custos*. 9a ed. São Paulo: Atlas, 2006.

MDIC (2008) Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, Logística. *Departamento de Operações de Comércio Exterior. Coordenação-Geral de Logística, Regimes Aduaneiros, Crédito e Financiamento*. Disponível em <http://www.desenvolvimento.gov.br/arquivo/secex/logistica/logistica.pdf>. Acesso em 19/10/2012.

MERCEDES BENZ. Consulta geral a homepage oficial. Disponível em: <<http://www.mercedes-benz.com.br/modelodetalhe>> Acesso em: 06 ago. 2012.



MONTEVECHI, J.A.B.; PINHO, A.F. de; LEAL, F.; MARINS, F.A.S. *Application of design of experiments on the simulation of a process in an automotive industry*. In: Proceedings of the Winter Simulation Conference, Washington, DC, USA, 2007.

NAZÁRIO, Paulo; WANKE, Peter; FLEURY, Paulo. (2000) *O papel dos Transportes na Estratégia Logística*. Disponível em: <http://www.ilos.com.br>. Acesso em 23 de out. 2012.

NETHE, A. & STAHLMANN, H.D. *Survey of a general theory of process modeling*. In Proceedings of the International Conference on Process Modelling, Cottbus, Germany, 1999.

NOGUEIRA, A. S. *LOGÍSTICA EMPRESARIAL: Uma Visão Local com Pensamento Globalizado*. Atlas, São Paulo, 2012.

NOVAES, Antônio G. *Sistemas logísticos: transporte, armazenagem e distribuição física de produtos*. São Paulo: Edgard Blücher, 1989. 372 p.

NOVAES, Antônio, G. *Logística e Gerenciamento da Cadeia de Distribuição: Estratégia, Operação e Avaliação*. Rio de Janeiro: Campus, 2001.

NOVAES, Antônio G. PASSAGLIA, Eunice; VALENTE, Amir Mattar. *Gerenciamento de Transporte e Frotas*. 2º ed. Revista – São Paulo: Cengage Learning, 2008.

PREFEITURA Municipal do Estado de São Paulo. Consulta geral a homepage oficial. Disponível em: < <http://www.fretta.log.com.br> > Acesso em 18 de out. 2012.

REVISTA TRANSPORTE MODERNO. *Choque de Gestão no Transporte Rodoviário*. Consulta geral a homepage oficial. Disponível em: < [http://www.revista.technibus.com.br/destaque\\_princ/index.php?cod=60&edicao=4&revista=9](http://www.revista.technibus.com.br/destaque_princ/index.php?cod=60&edicao=4&revista=9) > Acesso em: 13 nov. 2012.

RIBEIRO, Osni Moura. *Contabilidade de Custos*. 1 ed. São Paulo: Saraiva, 2009.

RODRIGUES, M. J.; SOARES, B. R. (2003) *Os Planos Urbanos de Uberlândia (1907/1980): Considerações Iniciais*. II Simpósio Regional de Geografia “Perspectivas para o Cerrado no Século XXI”, Uberlândia, Minas Gerais.

SARGENT, R.G. *Validation and verification of simulation models*. In: Proceedings of the 2004 Winter Simulations Conference, Washington, DC, USA.

SILVA, A. N. R & WAERDEN, P. V.D. *First steps with a geographic information system for transportation*. Eindhoven University of Technology, Netherlands, Fevereiro, 1997.

SP DESPACHANTE. Consulta geral a página oficial. Disponível em: < <http://www.spdespachante.com.br/cnh/vuc.pdf> > Acesso em: 16 out. 2012.

TABOADA, C. *Logística: o diferencial da empresa competitiva*. Curitiba: Revista FAE BUSINESS, nº 2, junho, 2002.

TANIGUCHI, E. THOMPSON, R.G. YAMADA, T. *City Logistics Network Modelling and Intelligent Transport Systems*. Pergamon, Oxford. Elsevier, 2001.

THOMPSON, R. G. (2003) *Auslink Green Paper Submission, Freight and Logistics Group*, Department of Civil and Environmental Engineering, The University of Melbourne. February 2003. Disponível em: [http://www.dotars.gov.au/transinfra/auslink/pdf/tertiary\\_ed\\_and\\_research/Russell\\_G\\_Thopson.pdf](http://www.dotars.gov.au/transinfra/auslink/pdf/tertiary_ed_and_research/Russell_G_Thopson.pdf), 2012.

WANKE, P.; JUNIOR, E.; TARDELLI, R. *Introdução ao Planejamento de REDES LOGÍSTICAS: Aplicações em Aimms (Optimization Software for Operations Research Applications)*. Coleção COPPEAD de Administração. Atlas, São Paulo, 2009.